



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**DESARROLLO A ESCALA PILOTO DE UNA  
NUEVA FORMULACIÓN DE ACRÍLICO DE ALTO  
IMPACTO PARA APLICACIÓN DENTAL EN LA  
EMPRESA COLOMBIANA NEW STETIC S.A.**

Autor

Jessica Cardona Alvarez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química

Medellín, Colombia

2019



DESARROLLO A ESCALA PILOTO DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE  
ACRÍLICO DE ALTO IMPACTO PARA APLICACIÓN DENTAL EN LA EMPRESA  
COLOMBIANA NEW STETIC S.A.

Jessica Cardona Álvarez

Informe de práctica como requisito para optar al título de Ingeniera Química

Asesores

Henry Alberto Rodríguez, Ing. Químico

Elias Gómez Macias, Ing. Químico

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Química  
Medellín, Colombia

2019



## Contenido

DESARROLLO A ESCALA PILOTO DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE ACRÍLICO DE ALTO IMPACTO PARA APLICACIÓN DENTAL.....	3
1. Resumen .....	3
3. Símbolos y abreviaturas .....	4
2. Introducción .....	4
4. Objetivos.....	6
4.1. Objetivo General:.....	6
4.2. Objetivos Específicos:.....	6
5. Marco Teórico.....	6
6. METODOLOGÍA .....	8
6.1. Reactor laboratorio .....	10
6.2. Placas .....	11
6.3. Reactor piloto .....	12
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	13
7.1. Reactor de Laboratorio.....	13
7.1.1. Selección de modificador de impacto.....	13
7.1.2. Estabilidad del modificador de impacto .....	15
7.1.3. Concentración adecuada del Modificador de impacto.....	15
7.1.4. Adición de aditivos .....	17
7.2. Reactor Piloto .....	18
8. Conclusiones .....	19
9. Referencias Bibliográficas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
10. Anexos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
11. Referencias Bibliográficas.....	22



## DESARROLLO A ESCALA PILOTO DE UNA NUEVA FORMULACIÓN DE ACRÍLICO DE ALTO IMPACTO PARA APLICACIÓN DENTAL

---

### 1. Resumen

New Stetic es una empresa que cuenta con una gran variedad de líneas de producción y comercialización, tales como dientes acrílicos, resinas acrílicas, anestésicos, aleaciones, algodones, entre otros productos. Una de sus líneas más fuertes se encuentra concentrada en la producción, investigación y desarrollo de nuevas resinas acrílicas usadas para base de dentadura que permitan ser competitivas y ofrezcan beneficios innovadores, para los consumidores y además, cumplir con los estándares establecidos por la norma ISO 20795-1:2013 Dentistry base polymers Part 1: denture base polymers. Entre las resinas acrílicas para base de dentadura se encuentra el acrílico de alto impacto termopolimerizable siendo este producto uno de gran importancia para la empresa por su demanda y representación económica. (New Stetic S.A., 2015)

Como objetivo principal se pretende reformular la fabricación de este acrílico con el fin de aumentar la propiedad de tenacidad a la fractura, y así garantizar que la base de dentadura cumpla con los estándares establecidos por las normas y además sea rentable su reformulación.

Para llevar a cabo lo anterior se pretendió cambiar el modificador de impacto que se utiliza actualmente en la empresa, por los modificadores de impacto A, B y C y a su vez un tensoactivo utilizado en la empresa, por un tensoactivo i; también se agregó nuevos aditivos como plastificantes con el fin de mejorar la propiedad.

Esto se hizo mediante una serie de reacciones, con una previa curva de temperatura que ya se había establecido con anterioridad, y se determinó el tipo de modificador que mejor se ajustó a los resultados esperados, además se logró establecer la concentración más apropiada de acuerdo a la misma y en cuanto al tensoactivo i, se



obtuvo resultados similares al tradicional. En cuanto al procedimiento que solía realizarse, se modificó el orden para adicionar algunas de las materias primas, teniendo en cuenta el tiempo que requiere algunas sustancias para solubilizarse y adicional a esto se utilizó un ultrasonido de alta frecuencia con el fin de homogenizar la solvatación.

**Palabras claves:** Acrílico, modificador de impacto, tenacidad de fractura, solvatación.

### 3. Símbolos y abreviaturas

Tabla 1. Símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
MMA	Metil metacrilato
A	Modificador de impacto seleccionado
X	Concentración establecida para el modificador de impacto
Y	Aditivo dispersante
Z	Aditivo plastificante
i	Tensoactivo

### 2. Introducción

Las resinas acrílicas son polímeros muy utilizados en odontología restaurativa, gracias a su fácil manipulación, bajo costo y excelente biocompatibilidad. Se emplean en la fabricación de dientes artificiales, en bases de dentadura y como sellantes de puntos y fisuras.

Las resinas usadas para dispositivos médicos son polímeros a base de poli metacrilato de metilo (PMMA), el cual se puede generar por métodos de polimerización por emulsión y suspensión. Para mejorar las características o modificar algunas propiedades de dichas resinas como la resistencia al impacto y a altas temperaturas, la estabilidad de dichas propiedades, flexibilidad, dureza, entre otras, es posible usar distintos monómeros o modificadores, es decir, el metil metacrilato el cual es el monómero más utilizado, puede ser copolimerizado con metil acrilato,



etil acrilato, estireno, o acrilonitrilo, o puede ser mezclados con modificadores de impacto como goma, vinil u otros. (Sastri, 2010).

Aunque los implantes dentales se utilizan cada vez más en el tratamiento de pacientes edéntulos, en muchos casos una dentadura completa convencional sigue siendo el tratamiento de elección por razones médicas y financieras. El material ideal para la prótesis debe tener propiedades mecánicas y físicas adecuadas, además de la biocompatibilidad y la estética. El poli (metacrilato de metilo) (PMMA) se usa con frecuencia para fabricar bases para prótesis debido a sus diversas ventajas, que incluyen bajo costo, biocompatibilidad, facilidad de procesamiento, estabilidad en el entorno oral y estética aceptable. (Res., 2017)

El acrílico de alto impacto es una resina de termocurado el cual presenta mejora en cuanto a las propiedades mecánicas, especialmente en la resistencia al impacto, que es la energía requerida para fracturar un material bajo la fuerza del impacto. Estos acrílicos deben tener la capacidad de ser moldeados en formas complejas bajo la acción de calor y presión, por lo que deben ser fáciles de manipular, además deben mostrar la suficiente translucidez para que confiera la apariencia natural de los tejidos bucales, y proporcionar las capacidades y características esenciales y necesarias para ser usados en la cavidad bucal. (Stetic, 2015). Las resinas de alto impacto están compuestas a base de butadieno-estireno, más polimetilmetacrilato. El caucho es mezclado con metacrilato de metilo, de manera tal que el caucho disperso se una muy bien a la matriz de acrílico termopolimerizado. (Alisson, 2013)

El objeto de esta investigación es evaluar el efecto de diferentes modificadores de impacto, aditivos y tensoactivos, mediante condiciones de proceso adecuadas con el fin de obtener una mejora en las propiedades mecánicas de las resinas acrílicas de alto impacto que actualmente se elaboran en New Stetic S.A.



## 4. Objetivos

### 4.1. *Objetivo General:*

Formular acrílicos de alto impacto para uso en aplicación dental que cumplan las especificaciones de la norma ISO 20795-1:2013 Dentistry base polymers Part 1: denture base polymers, mediante el uso de copolímeros de base acrílica con la finalidad de mejorar sus propiedades de resistencia al impacto.

(International Organization for Standardization, 2008)

### 4.2. *Objetivos Específicos:*

- Determinar el modificador de impacto más apropiado y las condiciones de proceso adecuadas para la obtención del producto a escala piloto.
- Caracterizar las formulaciones coloreadas y sin colorear con base a la norma ISO 20795-1:2013, con el fin de verificar que las resinas sean aptas para el uso en aplicación dental.
- Elaborar y aplicar un protocolo de estabilidad acelerada del producto para verificar que este es apto para su aplicación, y que sus condiciones permanecen en el tiempo.

## 5. Marco Teórico

Los polímeros de metacrilato han tenido gran popularidad en la odontología porque se procesan con facilidad utilizando técnicas relativamente sencillas, tienen la capacidad de proporcionar las propiedades esenciales y las características necesarias para usarlos en restauración oral. Una de las principales aplicaciones es para prótesis totales y removibles.

El acrílico de Alto impacto es un producto que presenta un mejoramiento en las propiedades mecánicas de las bases de dentaduras, en particular la resistencia al impacto, es debida a los desarrollos en la formulación que incorpora varios monómeros para producir un copolímero. (New Stetic S.A., 2015)

Con el fin de obtener un material para base de dentadura con unas propiedades mecánicas mejoradas pero a la vez manteniendo las características y parámetros requeridos por la norma ISO, se incorpora a las resinas acrílicas un modificador de impacto, éste está compuesto



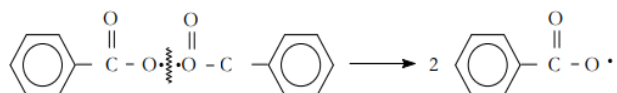
generalmente de butadieno-estireno o comúnmente nombrado como caucho, se puede adicionar es una composición de hasta un 20% y su función principal es absorber la energía generada por el impacto y disiparla de manera no destructiva. Este modificador es mezclado con metil metacrilato (MMA).

La modificación del impacto en un material, es algo complejo debido a que influencia en gran manera en otras propiedades tales como: fluidez, brillo, modulo de elasticidad y lo más complejo aun, es que las propiedades no cambian linealmente ni son proporcionales a la cantidad de modificador incorporado en el polímero.

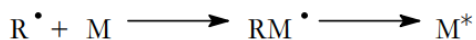
Las propiedades físicas y químicas, también pueden verse alteradas dependiendo de las curvas de reacción, ya que en estas existen diferentes etapas como son iniciación, propagación y terminación.

En la primera etapa la iniciación es el primer paso para la polimerización, se usa como agente iniciador el peróxido de benzoilo (BPO), en esta etapa se forman los monómeros activados, en la segunda etapa de la reacción que es la propagación se forma la cadena activada, y en la etapa de terminación se caracteriza por la pérdida de actividad y producción del polímero.

Los iniciadores deben ser compuestos relativamente inestables que fácilmente puedan dar lugar a radicales libres. La iniciación consiste entonces en la ruptura homolítica del iniciador por efecto térmico.



La acción del radical libre sobre el monómero da lugar a la formación de un monómero activado,  $\text{RM}\cdot$



En la etapa de propagación, el radical o monómero activado,  $\text{M}^*$ , que se ha formado en la etapa de iniciación se van adicionando los monómeros:





Al final de la etapa se obtiene la cadena activada  $M_n^*$ .

En la etapa de terminación o cierre se obtiene el polímero, por pérdida de actividad de las cadenas activadas que se han ido formando durante la etapa de propagación. La terminación se puede producir en cualquier momento. Generalmente tiene lugar cuando aumenta la viscosidad, ya que entonces hay un exceso de resto polimérico frente a monómero. (ESIQIE-IPN)

## 6. METODOLOGÍA

Antes de realizar alguna práctica en el laboratorio, se realizó una investigación exhaustiva, que permitió ahondar acerca de los polímeros y su comportamiento, para tener un panorama de lo que sería un procedimiento práctico de la realización de una reacción y posteriormente probetas para la medición de algunas propiedades.

La metodología se basó en realizar ensayos cada día, es decir, se llevaron a cabo una serie de reacciones en el laboratorio con un reactor de vidrio de 1L, con cuatro tipos de modificador A,B,C y D, cada uno a diferentes concentraciones, luego se determinó cual es el más apropiado de acuerdo a los resultados arrojados por las pruebas de tenacidad a la fractura, y de acuerdo a este se realizó duplicados de la reacción, con el modificador seleccionado, a la concentración que arrojó los mejores resultados y por supuesto que hayan cumplido con la norma ISO 20795-1:2013 antes mencionada. Posterior a esto se buscó mejorar el acrílico que ya se tenía seleccionado agregando a la nueva formulación aditivos como dispersantes y plastificantes que aumentaron significativamente la propiedad; también se empleó un nuevo tensoactivo i, con el fin de sustituir el anterior, en los resultados no se observó ningún cambio significativo, es decir que si es posible sustituirlo ya que cumple con el propósito en la reacción. Lo que se busca con el tensoactivo que se adiciona a la solvatación es lograr que las moléculas de MMA y el modificador se dispersen para lograr una mejor cohesión entre ellas y esto se ve reflejado en un aspecto mucho más homogéneo.

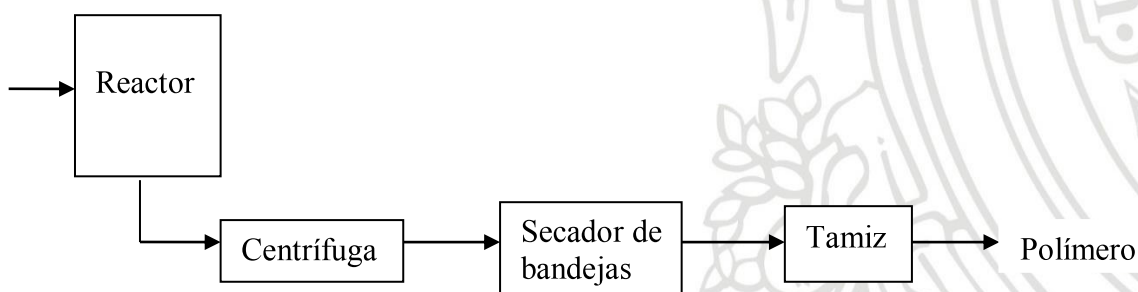


Luego de este procedimiento, fue necesario garantizar la repetitividad de los resultados, realizando varias reacciones con la misma formulación determinada y cumpliendo con pruebas de validación de las propiedades mecánicas y las pruebas de estabilidad en el tiempo.

Durante las reacciones se realizaron varias placas, con el fin de observar y analizar el comportamiento de la solvatación, que se deja con agitación constante durante 36 horas antes de iniciar la reacción, esto con el fin de observar de manera cualitativa el color y las burbujas que se forman en la elaboración de las probetas.

Cuando se determinó la formulación que cumplió con las normas, se llevó a cabo la misma en un reactor piloto de 50L, con el fin de escalar la reacción y obtener los mismos resultados o por lo menos muy similares que cumplieran con los estándares de las pruebas mecánicas y de estabilidad y al igual que en las pruebas anteriores se hizo varias veces con el fin de asegurar una repetitividad en los resultados.

A continuación se muestra un diagrama de bloques del proceso, desde la reacción hasta la obtención del producto de interés, es decir el polímero.



*Ilustración 1. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de polímero*

En la ilustración anterior se muestra el proceso que es el mismo para el caso del reactor de vidrio en el laboratorio y el reactor piloto.

Luego de este proceso se procede con la realización de las probetas y las pruebas mecánicas de las mismas.



De acuerdo a los resultados arrojados por las pruebas mecánicas se determina si se realiza una reformulación de la reacción o se replica la misma con el fin de obtener resultados similares.

### 6.1. Reactor laboratorio

El reactor donde se llevaron a cabo las reacciones es de vidrio de capacidad de 1 litro, todas las reacciones fueron de polimerización en suspensión, en las cuales se usó como medio agua y un agente de suspensión, antes de iniciar la reacción se tenía solvatando el monómero, los aditivos y el modificador de impacto durante cierto tiempo.

Para llevar a cabo las reacciones fue necesario hacer uso de una plancha de calentamiento y agitación magnética, además de una termocupla, y el enfriamiento fue manual.

En la siguiente ilustración se observa el reactor que se usó para esta investigación.

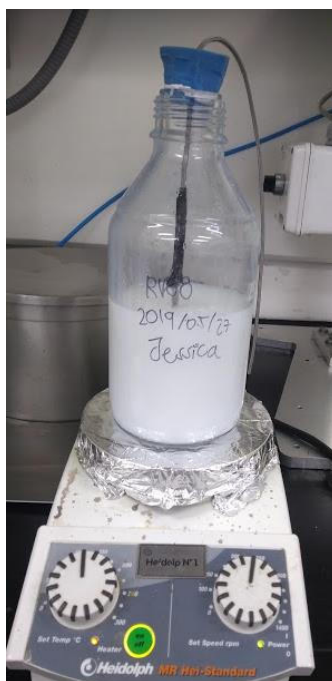
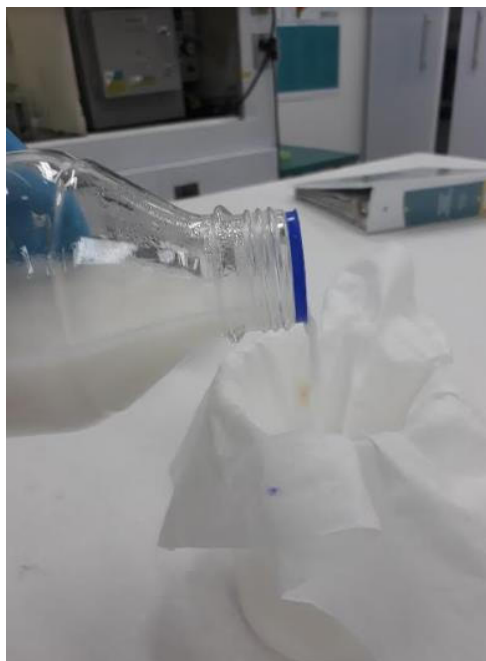


Ilustración 2. Reactor de vidrio empresa New Stetic S.A

Una vez terminada la curva de reacción, se pasaba el polímero por un filtro para desechar el monómero que no había reaccionado y otros materiales restantes. Todo se hizo de manera manual como se puede observar a continuación.



*Ilustración 3. Lavado de polímero de forma manual*

Luego de obtener el material sólido que queda en el filtro se deja en un horno de secado durante un periodo de 10 horas para eliminar la humedad y luego tamizar para así garantizar el tamaño de partícula requerido, con el pasante del tamiz se elaboran las probetas con el fin de realizar pruebas mecánicas de tenacidad a la fractura en diferentes tiempos.

De allí se arrojan resultados que servirán para tomar decisiones en cuanto a formulaciones y demás.

## **6.2. Placas**

Para la realización de las placas se utilizó MMA+Modificador de impacto y el tensoactivo a diferentes concentraciones, esta mezcla se puso en medio de 2 placas de vidrio, luego se somete a una curva predeterminada de temperatura en un horno durante 8 horas y 30 minutos.

Esto con el fin de observar de manera cualitativa el comportamiento del modificador en conjunto con el monómero y aspectos como color y homogeneidad en las placas y por supuesto pruebas mecánicas de tenacidad a la fractura. (Las probetas se realizaron siguiendo los patrones de medidas que se usan actualmente en la empresa New Stetic S.A.)



A continuación se muestra el montaje de laboratorio para la elaboración de las placas y seguido las placas terminadas.

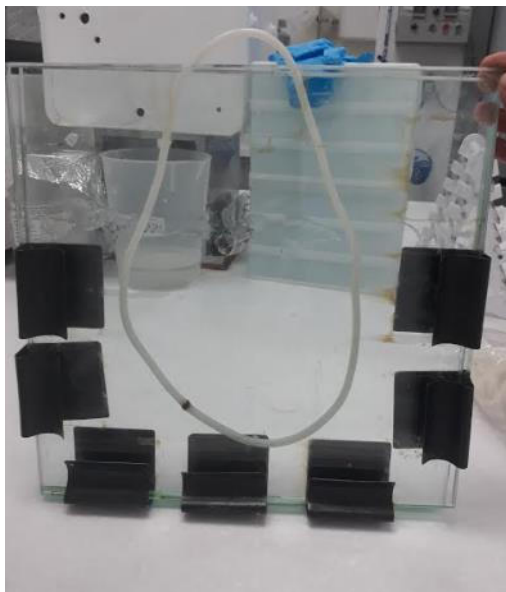


Ilustración 4. Montaje de placas y placas terminadas

### 6.3. Reactor piloto

Las reacciones que se realizaron en el reactor piloto fueron seleccionadas de acuerdo a los mejores resultados que se obtuvo del reactor de laboratorio con el fin de duplicar la fórmula de manera escalada y obtener un comportamiento y resultados similares.

En la siguiente ilustración se observa el reactor piloto de la empresa New Stetic S.A., donde se llevaron a cabo las reacciones del proyecto. El reactor tiene una capacidad de 50 litros, cuenta con una chaqueta para aumentar o disminuir temperatura, un agitador mecánico, un condensador, una termocupla y un barómetro, además posee panel de control para manipular agitación, temperatura por medio de un intercambiador de calor con vapor y agua de chiller, además de encendido y apagado.



Ilustración 5. Reactor Piloto New Stetic S.A.

La curva manejada en el reactor piloto es exactamente la misma que se usó en el laboratorio, la idea era replicar las mismas condiciones que se manejaron en el laboratorio.

Luego de terminada la reacción se seguía el mismo procedimiento, es decir pasar a una centrifuga donde era lavado y centrifugado el material para luego ser secado en el horno por un periodo de 10 horas y posterior a esto tamizado.

Por último se realiza la elaboración de las probetas para someterlas a pruebas mecánicas de tenacidad a la fractura.

Al tener los resultados tanto del reactor de laboratorio como del piloto se hace una comparación de los mismos con el fin de tomar decisiones con respecto a formulaciones y demás, y lógicamente que cumpla con las normas establecidas.

## **7. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **7.1. Reactor de Laboratorio**

#### **7.1.1. Selección de modificador de impacto**

Para llevar a cabo la selección del modificador se probaron un total de 4 modificadores de impacto con una curva de temperatura predeterminada y una formulación con la misma concentración tanto de modificador como del tensoactivo, con el fin de observar el



comportamiento y los resultados de las pruebas mecánicas con una misma formulación, pero probando los diferentes modificadores de impacto.

En la siguiente figura se muestran los resultados arrojados por las pruebas mecánicas de tenacidad a la fractura que se realizaron con los cuatro tipos de modificador de impacto a una misma concentración X en la reacción.

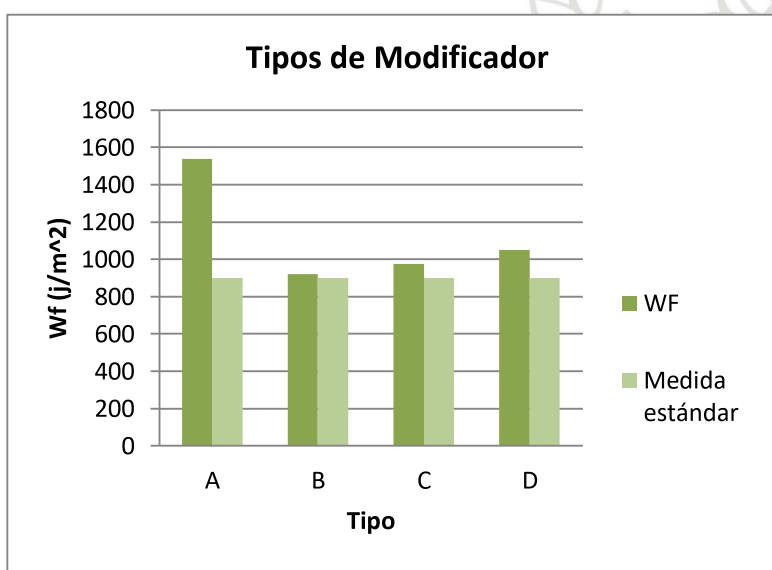


Figura 1. Tipos de Modificador

De acuerdo a los resultados arrojados y mostrado en la figura se observa que el modificador de impacto tipo A, tiene un trabajo total de fractura mayor que los otros modificadores, de acuerdo a la norma este trabajo de fractura debe ser superior a los  $900 \text{ J/m}^2$ , sin embargo los modificadores tipo D, C y B respectivamente, también cumplen con lo establecido en la norma aunque se encuentran en el límite inferior. El modificador tipo C, queda descartado ya que el polímero queda con un tamaño de partícula muy grande y por lo tanto se queda gran cantidad en el tamiz, es decir, el rendimiento del material es muy bajo y no es justificable.



### 7.1.2. Estabilidad del modificador de impacto

Con los modificadores de impacto restante, es decir modificador de impacto tipo A, B y D, se realizaron pruebas mecánicas para analizar la estabilidad de la propiedad en el tiempo. Estas pruebas se realizaron a diferentes tiempos, es decir se dejaban reposar las probetas durante 3 y 7 días para analizar como cambiaba la propiedad o si por el contrario se mantenía estable.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de cada modificador a la misma concentración X respecto a las pruebas mecánicas que se realizaba con reposo de varios días.

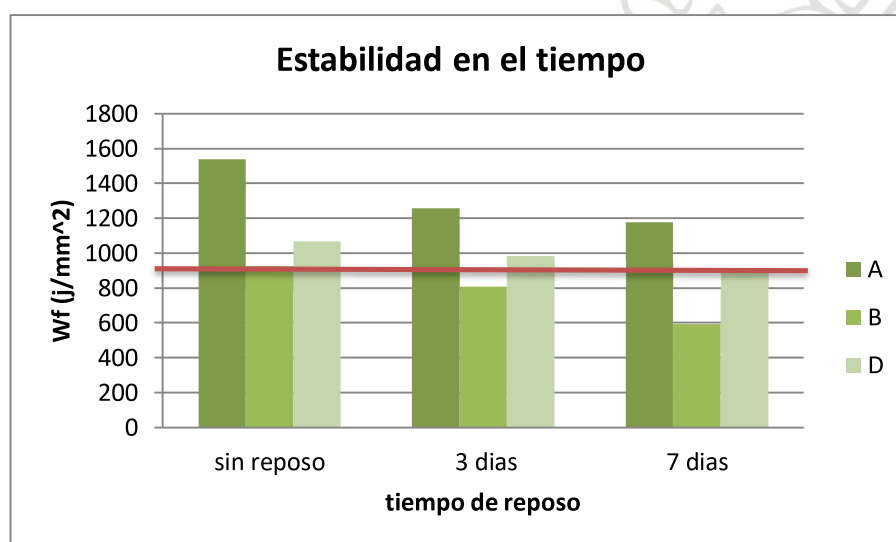


Figura 2. Prueba de estabilidad de los modificadores a diferentes tiempos de reposo.

Luego de este comportamiento, se probó que los tres modificadores variaron su propiedad con el paso del tiempo, es decir no cumple que sea estable en el tiempo, sin embargo el modificador A, aunque disminuye su propiedad, sigue cumpliendo con la norma establecida, y por ende se determinó descartar los modificadores B y D ya que disminuye su propiedad a tan punto que ya no cumple con la norma.

(Antes de descartar estos modificadores se realizaron n pruebas, a diferentes concentraciones con el fin de asegurar la inconformidad y/o incumplimiento con la norma ISO.)

### 7.1.3. Concentración adecuada del Modificador de impacto

Una vez haber seleccionado el modificador de impacto adecuado según las pruebas de selección antes mencionadas, es necesario determinar la concentración más acertada teniendo en cuenta los





resultados que arrojan las pruebas mecánicas, las pruebas cualitativas con respecto al color, homogeneidad, burbujas y demás y por supuesto la cantidad necesaria para que no haya sobrecostos sin ser necesario.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las pruebas mecánicas de trabajo máximo de fractura con respecto a la variación en la concentración, la concentración varía de menor a mayor de izquierda a derecha.

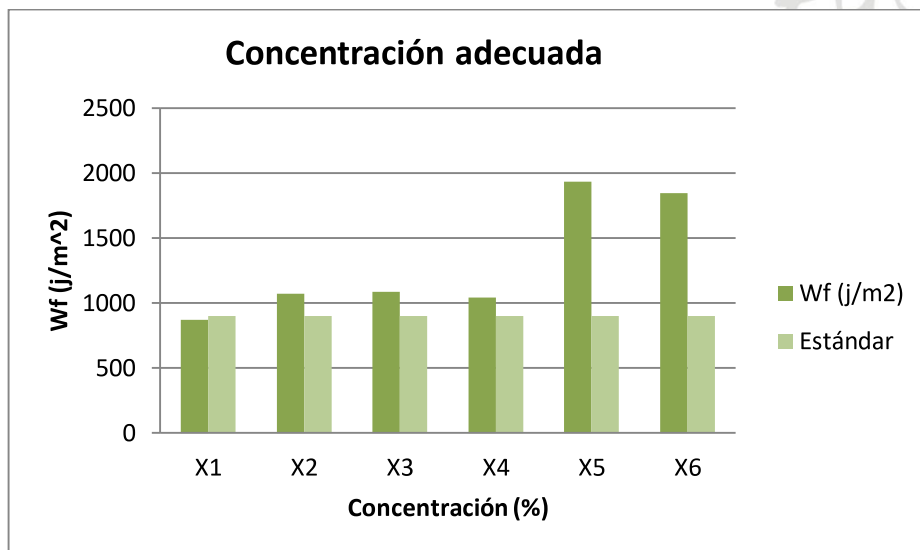


Figura 3. Concentración adecuada del modificador de impacto.

Como se observa en la figura anterior el modificador que mejor se desempeña y además cumple con la norma ISO 20795-1:2013 es el de concentración X5 %, es una concentración relativamente alta, es la concentración más alta que aceptó la solvatación, puesto que cuando se quiso superar este porcentaje, la solvatación se observó muy saturada y no se pudo agitar de manera adecuada, además no se veía homogénea, sin embargo se logró realizar la reacción y posterior a ello se montaron las probetas, las pruebas mecánicas arrojaron resultados buenos que cumplían con lo establecido por la norma pero disminuyó la propiedad con respecto al X5 %, por lo que se determinó seguir trabajando con una concentración al X5 %.

**Nota:** los pasos que se mencionan no se siguieron exactamente, luego de haber identificado cual fue el modificador que mejores resultados arrojó se siguió realizando diferentes pruebas antes de descartar dicho modificador, en repetidas ocasiones se realizaron pruebas a diferentes concentraciones y ensayos de estabilidad de los demás modificadores,



pero se realiza este paso a paso con la intención de dar un orden coherente a la realización de la investigación.

#### 7.1.4. Adición de aditivos

Con el fin de mejorar la propiedad mecánica que se ha estado mencionando a lo largo de la investigación se tuvo en cuenta la adición de nuevos aditivos como plastificantes para mejorar tanto la propiedad como la estabilidad.

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento del polímero con respecto a las pruebas de tenacidad con esta adición de plastificante.

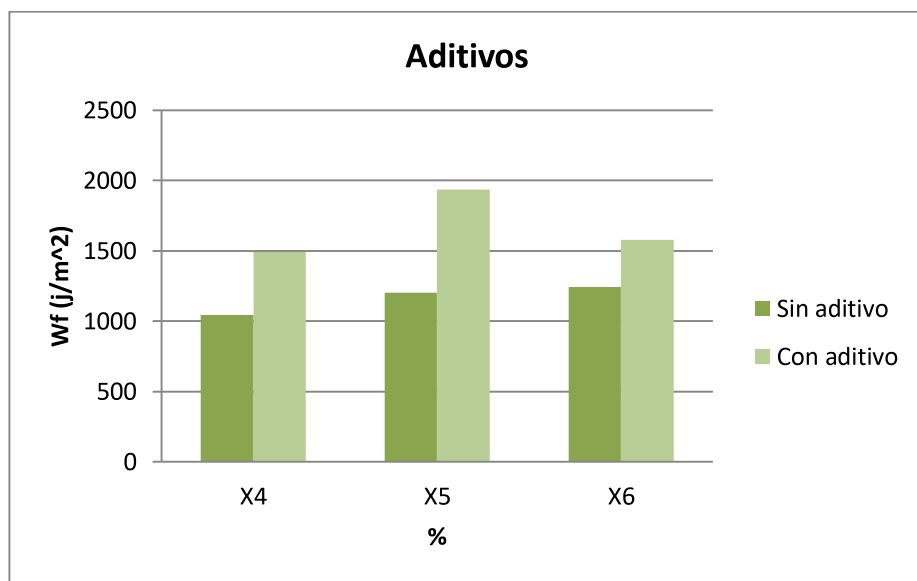


Figura 4. Adición de aditivos.

Al adicionar el plastificante a la reacción desde el inicio de la solvatación hace que haya un incremento considerable en las propiedades mecánicas del polímero, por lo que se considera adicionar en la formulación. Los plastificantes se agregan a un polímero para aumentar su flexibilidad, elasticidad y fluidez en estado fundido, los beneficios secundarios incluyen una mayor resistencia al impacto y suavidad. (Reynoso, 2018).



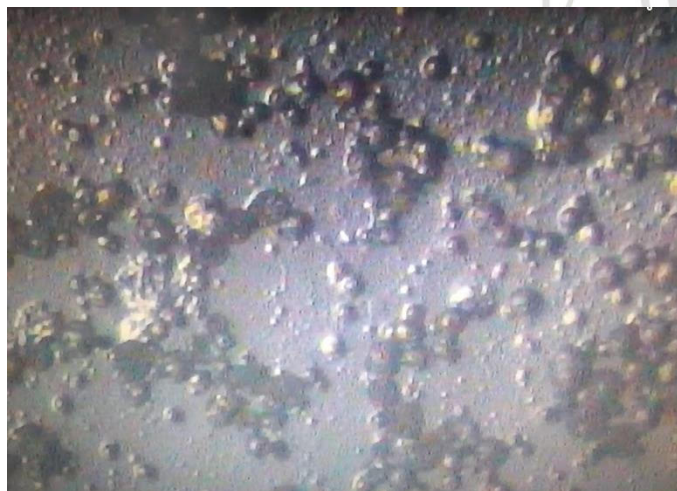
## 7.2. Reactor Piloto

Una vez definida la selección del modificador de impacto, la concentración del mismo y los aditivos se implementa esta formulación en el reactor piloto con el fin de replicar a gran escala, las condiciones del proceso y por supuesto los resultados satisfactorios que se obtuvieron en el laboratorio, para estandarizar el proceso.

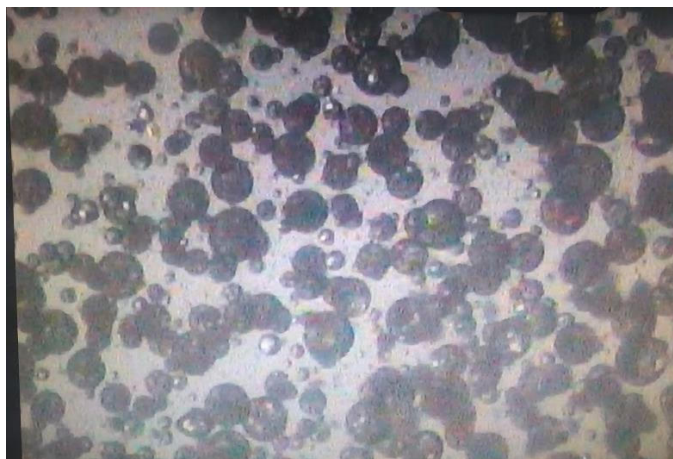
Las condiciones de proceso del reactor piloto difiere en varios aspectos con respecto al reactor del laboratorio, la agitación es uno de estos factores y el más importante, además del medio de calentamiento y enfriamiento y por supuesto el volumen de la reacción.

Cuando se realizó la reacción en el reactor piloto, notamos la gran diferencia que existe a nivel molecular mediante el uso de un estereoscopio, se tomaron varias muestras a diferentes temperaturas durante la reacción y se observó que las esferas que se forman en el polímero del reactor piloto son de color transparente, de un tamaño muy pequeño y se ven muy aglomeradas con respecto a las esferas que se observan en el laboratorio que se ven blancas, mas grandes y mas homogéneas, también se observa que las pruebas mecánicas no cumplen con la norma ISO, es decir la propiedad de alto impacto disminuye de manera notable en el reactor piloto.

En las siguientes imágenes se observa claramente las diferencias a nivel microscópico de los polímeros realizados en el reactor de vidrio de laboratorio y el del reactor piloto respectivamente.



*Ilustración 6. Esferas de polímero en reactor piloto*



*Ilustración 7. Esferas de Polímero en reactor de laboratorio*

Con lo anterior se demuestra que no fue posible duplicar los resultados a nivel industrial, debido a las grandes diferencias que se observaron a nivel de estereoscopio, por lo que se recomienda seguir escalando a nivel industrial, pero con una velocidad del motor del reactor mucho menor para garantizar una agitación mucho más homogénea.

## 8. Conclusiones

- Mediante numerosos ensayos se determinó que el modificador A, arrojó valores adecuados que cumplen con la norma ISO 20795-1:2013 Dentistry base polymers Part 1: denture base polymers y resultados de tenacidad constantes en el tiempo y además reproducibles a pequeña y gran escala.

los demás modificadores fueron descartados debido a que el polímero quedaba con un tamaño de partícula muy grande y no tenía un buen rendimiento, también se descartaron ya que arrojaba valores muy bajos para la propiedad de la tenacidad a la fractura, y finalmente porque la propiedad no era constante en el tiempo.

- Con la prueba de las placas se corroboró que el modificador A, tiene una dispersión adecuada y una cohesión de las partículas que permiten homogeneidad y color un tanto transparente, lo que es bueno para realizar más adelante coloraciones.
- Posteriormente se determinó la concentración del modificador de impacto A, más adecuada que aumentara las propiedades



mecánicas y que mantuviera estable estas propiedades en el tiempo.

- Asimismo se implementó en la formulación el uso de un aditivo que mejora notablemente las propiedades mecánicas, aumentando la flexibilidad, elasticidad y como consecuencia de esto mayor resistencia al impacto.
- De igual forma, en el reactor piloto con respecto al reactor de laboratorio, difiere en varios aspectos sus condiciones de proceso como se mencionaba anteriormente, como volumen, eficiencia al elevar o disminuir temperatura, y la agitación, factores que afectan notablemente el aspecto y las pruebas mecánicas de resistencia al alto impacto.
- Se llega a la conclusión que la agitación es un factor muy importante en este tipo de reacciones, ya que una velocidad tan alta de agitación en el reactor piloto, hace que las partículas se dispersen a tal punto que quedan muy pequeñas y por esto se aglomeran, es decir a nivel microscópico no se forman de manera ordenada y esto provoca que haya una disminución notable de la propiedad al alto impacto.
- De la misma manera se realizaron probetas con polímero del reactor piloto y polímero del laboratorio, y arrojan resultados muy diferentes en las pruebas mecánicas de resistencia al alto impacto, es decir las probetas realizadas con polímero del reactor piloto arroja valores muy bajos de trabajo máximo de fractura que no cumple con la norma ISO, además no es estable en el tiempo a diferencia de las probetas que se realizaron con polímero del reactor de laboratorio que como se mencionaba con anterioridad arroja muy buenos resultados, en las pruebas mecánicas de resistencia al alto impacto, con valores de trabajo máximo de fractura muy buenos que cumplen con la norma ISO ya mencionada.
- En relación a lo antes expuesto se concluye que las pruebas mecánicas de resistencia al alto impacto en los ensayos realizados en el reactor piloto, no cumplen con la norma ISO



20795-1:2013 Dentistry base polymers Part 1: denture base polymers, no se pudo replicar y por supuesto no cumple con estabilidad en el tiempo.

- En este sentido se considera realizar más reacciones en el reactor piloto replicando la formulación establecida, para garantizar que las pruebas mecánicas arrojen valores similares de trabajo de fractura y que se conserva la propiedad con respecto a lo realizado en el laboratorio.
- En última instancia se concluye que se determinó un modificador que cumple con las propiedades de alto impacto necesarias para cumplir con la norma ISO, se logró de la misma manera que fuera estable con el tiempo y se logró establecer unas condiciones de proceso adecuadas, todo esto a nivel micro, es decir a escala de laboratorio, aún no se da por terminada la investigación, hasta lograr duplicabilidad en los resultados de resistencia al alto impacto que se realiza en el reactor piloto, esto debido a la inconformidad de los resultados arrojados para cumplir con la norma antes mencionada.



## 9. Referencias Bibliográficas

- Alisson. (20 de mayo de 2013). *Estomatología Especializada*. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de MEDICINA Y PATOLOGÍA ESTOMATOLÓGICA:  
<http://estomatologiaespecializada.blogspot.com/>
- ESIQIE-IPN. (s.f.). *ESIQIE-IPN*. Recuperado el 25 de 02 de 2019, de SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA DE LOS POLÍMEROS.:  
<https://tecnologiadelospolimeros.wordpress.com/2017/06/21/reacciones-de-polimerizacion-por-adicion-radicalar/>
- International Organization for Standardization. (08 de 2008). *ISO*. Obtenido de International Organization for Standardization:  
<https://www.iso.org/standard/39740.html>
- New Stetic S.A. (2015). *New Stetic*. Recuperado el 27 de 12 de 2017, de <http://www.newstetic.com/productos/alto-impacto/veracril-alto-impacto?locale=es>
- Res., J. P. (9 de jun de 2017). *US National Library of Medicine National Institutes of Health*. Obtenido de Pressure transmission area and maximum pressure transmission of different thermoplastic resin denture base materials under impact load.: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pubmed/28606420>
- Reynoso, S. L. (2018). *Los polímero plásticos*. Independently Published.
- Sastri, V. R. (2010). *Acrylic Resin*. Obtenido de Engineering Thermoplastics:  
<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/acrylic-resin>
- Stetic, N. (2015). *FICHA TÉCNICA RESINA ACRÍLICA TERMOPOLIMERIZABLE*. Guarne: New Stetic.