

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de un encausador en el sistema de formación de gota de vidrio"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Marcos Rafael Montaña Guiracocha

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia.

A la Msc. Carola Sánchez y al Ing. Ernesto Martínez por la realización de este trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

*La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

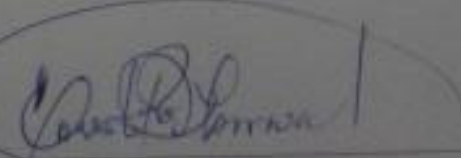
Marcos Rafael Montaña Guiracocha

Ing. Ernesto Martínez

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL*.



Marcos Rafael Montaña Guiracocha



Ing. Ernesto Martínez

RESUMEN

En este trabajo se pretende mostrar que el diseño de un encausador en el sistema de formación de vidrio es factible para la mejora de producción en una empresa manufacturera de Guayaquil. El encausador es un diseño propuesto que permite direccionar de mejor forma la gota al entregarla al premolde, lo que reduce pérdidas en el producto final, mejora la distribución de vidrio en el envase y ahorra de manera considerable el uso de lubricantes. La implementación de encausadores ha dado resultados satisfactorios en la industria brasilera y peruana del vidrio que usan el mismo sistema de producción, las botellas aprueban estándares de calidad y no son rechazadas.

Se realizó un análisis de las condiciones de la gota para determinar la forma del encausador, se usó una relación obtenida por pruebas hechas en empresas de Brasil y Perú para obtener el dimensionamiento del mismo. El material seleccionado fue en base a la temperatura de trabajo, resistencia al desgaste y a la disponibilidad en el mercado ecuatoriano.

Palabras Clave: encausador, feeder, lubricante, deflector, pre molde

ABSTRACT

This paper aims to show that the design of a encausador in the glass-forming system is feasible for improving production in a manufacturing company of Guayaquil. The encausador is a proposed design allows to better address the drop to deliver the pre-mold, reducing losses in the final product, improves the distribution of glass in the container and saves considerably the use of lubricants. Encausadores implementation has been successful in the Brazilian and Peruvian glass industry that use the same production system, bottles approved quality standards and are not rejected.

An analysis of the conditions of the drop was performed to determine the shape of the encausador, a ratio obtained by testing done in Brazil and Peru companies to get the sizing of it was used. The material selected was based on the temperature, wear resistance and availability in the Ecuadorian market.

Keywords: encausador, feeder, lubricant, deflector, pre mold

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco teórico.....	3
1.3.1 Propiedades del vidrio	6
1.3.2 Proceso de producción de envases de vidrio	9
1.3.2.1. Formación de gota de vidrio	11
2. Metodología del Diseño	16
2.1. Matriz de decisión.....	16
2.3. Consideraciones de diseño	21
2.3.1. Temperatura de operación.....	21
2.3.2. Dimensiones del encausador	21
2.4. Análisis de trayectoria de gota	23
3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	26

3.2. Diseño final del encausador	30
3.3. Selección de material	33
3.4. Lubricantes usados en deflectores y premoldes	35
3.5. Análisis de curvatura de deflectores.....	36
3.6. Análisis de costos.....	38
4. CONCLUSIONES y recomendaciones	39
Bibliografía.....	40
APÉNDICES.....	41

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AISI	American Iron and steel institute
MCS	Melting Conditioning System
BPM	Botellas por minuto

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
m	Metro
mm	Milímetro
pulg	Pulgada
gr	Gramo
°C	Grado centígrado
s	Segundo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Viscosidad vs temperatura del vidrio.....	6
Figura 1.2 Etapas del vidrio, Viscosidad vs temperatura del vidrio.....	7
Figura 1.3 Volumen específico vs temperatura. Vidrio y sólido cristalino.....	8
Figura 1.4. Diagrama de proceso de la producción de vidrio.....	10
Figura 1.5. Zonas de alimentador.....	11
Figura 2.1. Alternativa 1: Encausador.....	17
Figura 2.2. Alternativa 2: Guía de deflector.....	18
Figura 2.3. Alternativa 3: Guía láser.....	19
Figura 2.4. Diagrama de Metodología de diseño.....	20
Figura 2.5. Termografía a la salida del feeder (izquierda) y en el premolde (derecha)..	21
Figura 2.6. Esquema de caída de gota al premolde.....	24
Figura 2.7. Distribuidor de gota de vidrio entrega a diferentes secciones.....	25
Figura 3.1. Esquema de trayectoria de gota.....	27
Figura 3.2. Análisis de aceleraciones antes de entrar al deflector.....	28
Figura 3.3. Diseño final de encausador.....	31
Figura 3.4. Diseño final de sujetador.....	32
Figura 3.5. Encausador acoplado a deflector.....	33
Figura 3.6. Esquema de tratamiento térmico de acero AISI H10.....	35
Figura 3.7. Plano de deflectores	37
Figura 3.8. Curvatura de deflectores desgastados.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de vidrio con y sin casco.....	4
Tabla 2. Tipos de vidrio y sus características.....	9
Tabla 3. Variables que afectan la formación de la gota.....	16
Tabla 4. Alternativas de orientación en la gota de vidrio.....	16
Tabla 5. Valorizaciones del diseño.....	17
Tabla 6. Criterios para valorizaciones del diseño.....	17
Tabla 7. Valorizaciones del diseño.....	18
Tabla 8. Volumen de gota.....	19
Tabla 9. Relación de volumen de espacio y de gota.....	20
Tabla 10. Datos de trayectoria de gota de vidrio tipo.....	31

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Diseño final de encausador

PLANO 2 Diseño final de sujetador

PLANO 3 Ensamble de encausador a deflector

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Los envases de vidrio en el mercado ecuatoriano tienen una alta demanda. Se los requiere en la industria alimenticia, farmacéutica, de cervezas, licores y bebidas hidratantes. En toda industria el proceso de producción es de suma importancia, por este motivo siempre se busca optimizar procesos con el fin de reducir costos.

El proceso de producción de envases de vidrio de una empresa en Guayaquil consta de varias etapas, en la etapa de formación de gota de vidrio es donde se enfoca.

En este proyecto se propone una mejor entrega de gota al premolde mediante el diseño de un encausador y la selección del material adecuado que se adapte a las condiciones de operación. El encausador es un dispositivo que direcciona la gota al centro del premolde, que es mecanismo que abre y cierra para recibir y formar a la gota de vidrio. Se analiza la trayectoria de gota mediante las ecuaciones de movimiento rectilíneo uniformemente variado, las cuales se detallan en el capítulo 3. El fin de este análisis es deducir el porqué de la pequeña desviación de la gota de vidrio antes de llegar al premolde.

Para hallar una solución pertinente se considera modelos propuestos en la matriz de decisión para corregir esta desviación. En esta matriz se detalla los parámetros a considerar para la selección del diseño final. Con el modelo propuesto, se reduciría la cantidad de uso de lubricantes en premoldes, la distribución de vidrio en el envase sería más uniforme y los envases tendrían un menor porcentaje de rechazo, debido a esto, existe una mejora en la producción. Cabe mencionar que se han obtenido resultados muy satisfactorios en la industria de vidrio brasilera y peruana donde se ha implementado el encausador.

1.1 Descripción del problema

Una empresa de Guayaquil produce envases de vidrio para productos alimenticios, jugos, gaseosas y licores. Se utilizan principalmente tres materias primas: arena de sílice, carbonato de sodio y carbonato de calcio. La mezcla adecuada se realiza en un horno a una temperatura aproximada a 1500° C, luego es trasladada a un refinador para extraer las impurezas, después es conducida a 4 líneas de alimentadores donde finalmente se obtiene la gota de vidrio.

Una vez formada la gota cae en el distribuidor de vidrio y pasa por un canalizador, a continuación por un deflector y finalmente llega al premolde. El deflector se ajusta manualmente para que la gota caiga en el centro del orificio del premolde. Estos ajustes se producen varias veces durante la operación, debido a cambios de moldes, lo que causa defectos y eventualmente pérdidas.

En el deflector la gota hace una curva en los últimos 30.5 cm aproximadamente antes de salir del deflector, esto causa una desviación entre 1 y 4 milímetros. Esto se observó varias veces durante la producción de diferentes formas y tipos de gotas. Se busca minimizar la desviación de gota para que esté lo más centrada posible.

Orientando la gota al centro del premolde se reducirá el uso frecuente de lubricantes, y la consecuente reducción de costos de producción por ahorro de aceite industriales, mejorará la producción de envases ya que pasarán los estándares de calidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

➤ Diseñar un encausador para el sistema de formación de gotas de vidrio con el fin de optimizar la producción de envases.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Lograr una mejor distribución del vidrio para una operación estable de la producción.
- ❖ Establecer beneficios potenciales de la aplicación del encausador de gota de vidrio en el proceso de envases.
- ❖ Optimizar los tiempos de lubricación diarios de premoldes, con el fin de reducir el consumo.

1.3 Marco teórico

“El vidrio es un compuesto (o mezcla de compuestos) inorgánico, no metálico que se enfría hasta adquirir una condición rígida sin cristalizar; es un cerámico que como material sólido está en estado vítreo”. (Groover, 2007).

El estado vítreo se refiere a una condición en el que un objeto no se puede considerar sólido debido a que no cumple con una estructura cristalina, ni líquido porque no cumple con esas propiedades.

Existen diferentes tipos de vidrio, los comerciales y los especiales, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de vidrio y sus características

TIPO DE VIDRIO	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Comercial	Soda-Cal	Este tipo de vidrio es el más utilizado, pues sus propiedades lo hacen adecuado para su uso con luz visible. Los recipientes hechos de vidrios de soda - cal son virtualmente inertes, no contaminado la materia que contienen ni su sabor. Son poco resistentes al choque térmico.
	Plomo	Utiliza óxido de plomo en lugar de óxidos de calcio, y óxido de potasio en lugar del óxido de sodio, y se conoce comúnmente como cristal al plomo. Los vidrios al plomo tienen un alto índice de refracción y una superficie relativamente blanda, lo cual permite una fácil decoración por esmerilado, corte o tallado.
	Borosilicato	Están compuestos principalmente de sílice (70-80%) y óxido bórico (7-13%) con pequeñas cantidades de álcalis (óxidos de sodio y potasio) y óxido de aluminio. Su principal característica es una buena resistencia a los choques térmicos.
Especiales	Sílice Vítreo	Son vidrios hechos casi exclusivamente de sílice. Son necesarias temperaturas de fusión sobre 1.500°C.
	Vidrios de Aluminosilicato.	Contienen cerca de un 20% de óxido de aluminio (Al_2O_3), además de óxido de calcio, óxido de magnesio y óxido de boro en cantidades relativamente pequeñas.
	Vidrios de Sílice Álcali-Bario	Contiene una cantidad mínima de óxidos de plomo, bario o estroncio.
	Vidrio de Borato	Contienen pequeñas cantidades o nada de sílice. Son usados para soldar vidrios, metales o cerámicas, a relativamente, bajas temperaturas.
	Vidrio de Fosfato	Consisten principalmente en mezclas de pentóxido de vanadio (V_2O_5) y pentóxido de fósforo (P_2O_5).

Fuente: British Glass Manufacturers Confederation (BGMC), 1999.

El tipo de vidrio usado en la empresa fabricante de vidrio en Guayaquil es el comercial soda-cal. Los componentes básicos son: arena de sílice (SiO_2), carbonato de sodio (Na_2O), caliza (CaO) y feldespato (Al_2O_3). La sílice de arena es el mejor formador de vidrio, el carbonato de sodio reduce la temperatura de fusión, la caliza da resistencia al ataque químico y el feldespato reduce la tendencia a fracturas.

La base del vidrio es la arena que contiene aproximadamente un 70% de sílice, si se derritiera se produciría vidrio, pero habría que llegar a temperaturas de 2000° C lo que exigiría altas temperaturas y consecuentemente elevaría el costo de producción. Así mismo, otra de las ventajas de la sílice es que posee una gran resistencia al ataque químico.

En el caso del carbonato de sodio que se añade a la mezcla disminuye el punto de fusión a 1300° C, reduce la viscosidad y produce mayor facilidad para trabajar el vidrio.

Si los componentes del vidrio sólo fueran sílice y carbonato de sodio, sería soluble en agua; la caliza previene que esto suceda. Añadiendo caliza a la mezcla se incrementa la tendencia de cristalización del vidrio.

El feldespato en la mezcla disminuye la sensibilidad de desvitrificación, también aumenta la resistencia química y da dureza al vidrio.

La materia prima del vidrio se puede mezclar con vidrio reciclado, conocido también como casco. Los componentes según se use casco varían tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Componentes de vidrio con y sin casco

Componentes	Mezcla con casco [%]	Mezcla sin casco [%]
Sílice	20	70
Carbonato de sodio	8	14
Caliza	8	12
Casco	60	0
Feldespato	2	2
Otros	2	2

Fuente: Manual de formación de vidrio, 2015 (O-I, 2011).

Elaboración propia

La ventaja de añadir casco a la mezcla es que se necesita menos energía para fundirse y menor cantidad de sílice, a mayor casco la temperatura de fundición de la mezcla disminuye. El casco de mezcla debe ser tratado prolijamente, cuidar que esté libre de cualquier otro material como metal o plástico. Esta empresa tiene sus proveedores calificados, los cuales le entregan el casco en buen estado.

1.3.1 Propiedades del vidrio

Las propiedades del vidrio dependen principalmente de su composición, pero particularmente de factores como la viscosidad, la temperatura y el tiempo de enfriamiento.

La viscosidad es la resistencia que se opone al flujo de un fluido. La viscosidad y la temperatura mantienen una relación inversamente proporcional. Por lo tanto, en el punto de fusión la viscosidad es baja y permite que se homogenice la mezcla y se elimine el aire en el vidrio.

El vidrio está sujeto a tres estados termodinámicos entre las temperaturas de fusión y ambiente. El rango líquido, el rango de líquido sub enfriado y el rango vidrio.

El comportamiento típico de la viscosidad respecto a la temperatura se muestra en la figura 1.1.

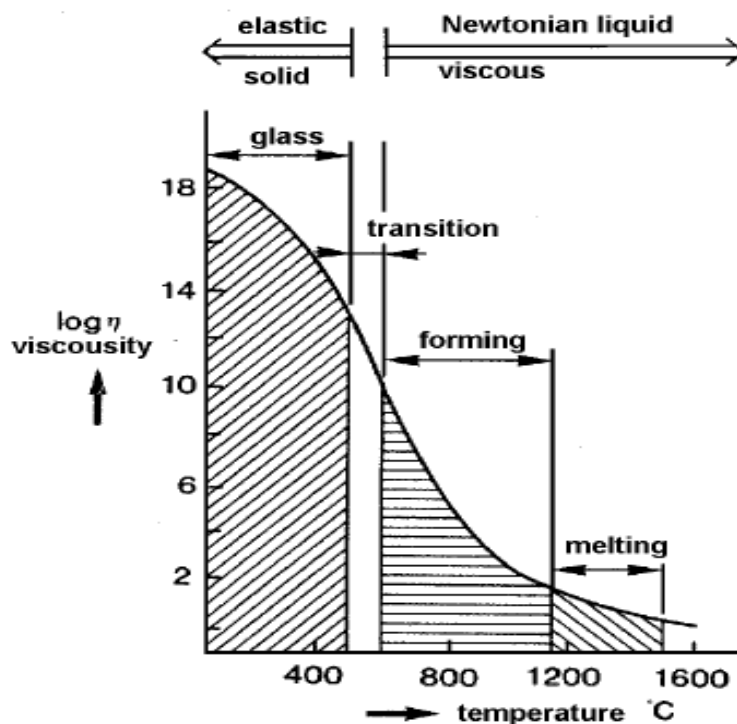


Figura 1.1 Viscosidad vs temperatura del vidrio

Fuente: Manual de formación O-I, 2015 (O-I, 2011).

La etapa en la cual se desarrolla el proyecto es la zona de formación, en la cual se puede apreciar que al fluido se lo considera newtoniano. Es decir, que entre las temperaturas de 600 y 1100°C el fluido carece de propiedades elásticas, es incompresible y la relación entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación es lineal.

En la figura 1.2 se muestra diferentes etapas de los procesos que atraviesan los diferentes tipos de vidrio, representados en las cuatro diferentes líneas. La línea continua representa el tipo de vidrio soda-cal que es el que fabrica esta empresa.

La viscosidad del vidrio mientras se forma el envase se aprecia en el “working point”, de log 3 a log 7 aproximadamente tal como se observa en la figura, con el fin de prevenir la cristalización del vidrio en el alimentador o en el tazón (Training FO & GS Glass composition, 2011).

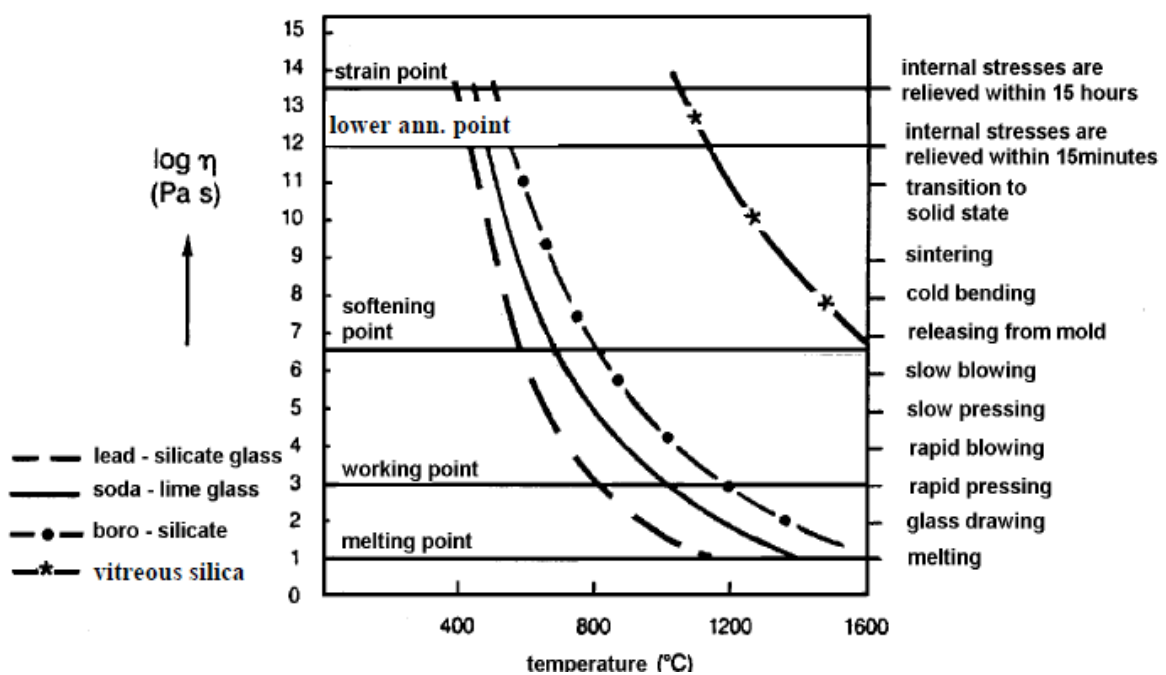


Figura 1.2 Etapas del vidrio, Viscosidad vs temperatura del vidrio

Fuente: Manual de formación O-I (O-I, 2011).

El tiempo de enfriamiento se define como el lapso en segundos en que la superficie del vidrio se enfría de viscosidad log 3 a log 7 (Training FO & GS Glass composition, 2011).

En la figura 1.3 se puede apreciar la diferencia entre el estado vítreo y el estado cristalino.

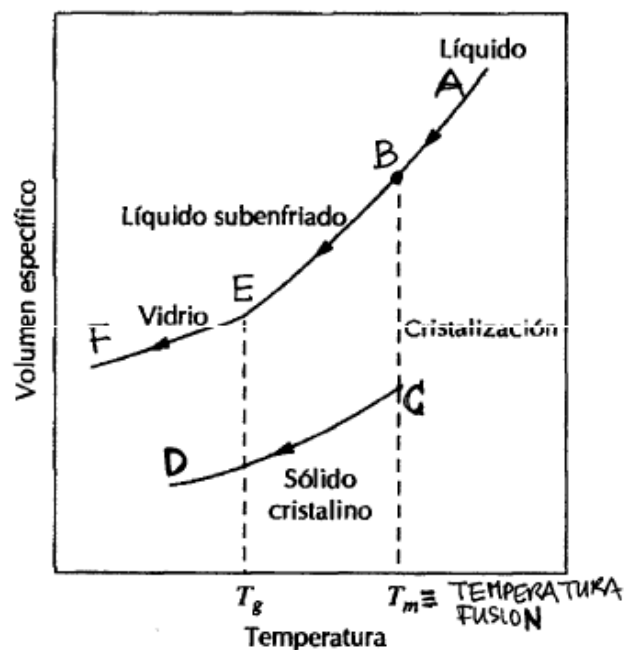


Figura 1.3. Volumen específico vs temperatura. Vidrio y sólido cristalino

Fuente: Lección 2. Vidrio. Definición. Característica estado vítreo (Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y materiales de Oviedo, 2005)

De acuerdo a la figura 1.3 el vidrio sigue la trayectoria ABEF, no cristaliza, no tiene un punto fijo de fusión o solidificación. Este líquido se vuelve más viscoso a medida que su temperatura disminuye. Va desde un estado elástico, blando a uno vítreo y frágil. En el punto E, el punto de transformación, el material se vuelve más sólido, en este hito se conoce la temperatura de transición vítrea, T_g . Por encima de T_g es líquido sub - enfriado y luego líquido, antes de esta temperatura se considera que el material es vidrio (Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y materiales de Oviedo, 2005).

Otra propiedad del vidrio es el coeficiente de expansión térmica es la medida en la que se expande o contrae un determinado objeto según el cambio de temperatura.

Típicamente los envases de vidrio tienen un coeficiente de expansión térmica de 85×10^{-7} por $^{\circ}\text{C}$ en un rango de 100 a 300 $^{\circ}\text{C}$ (Training FO & GS Glass composition, 2011).

La densidad es la masa por unidad de volumen, sus unidades se expresan de forma general como gr/cm^3 . Con la densidad se puede monitorear la homogeneidad del vidrio. Al llevar los procesos de forma correcta la densidad varía entre $\pm 0.0010 \text{ gr}/\text{cm}^3$ cada 24 horas.

Por otra parte, el comportamiento del vidrio, como muchos de los cerámicos, generalmente es elástico y frágil. El módulo de elasticidad para vidrios comerciales varía entre 55 a 90 GPa (Kalpakjian, 2008).

El vidrio es caracterizado por tener baja conductividad térmica, por ello es resistente al choque térmico, y alta resistividad eléctrica, su coeficiente de expansión térmica se aproxima a cero, es más baja que la de metales y plásticos. Las propiedades ópticas del vidrio como la reflexión, absorción, refracción y transmisión pueden ser modificadas variando su composición y tratamiento. Por lo general el vidrio es resistente tanto a ataques químicos como a la corrosión por ácidos, alcalinos, agua.

1.3.2 Proceso de producción de envases de vidrio

La materia prima usada para los envases de vidrio atraviesa una serie de procesos, los cuales se detallan en la figura 1.4.



Figura 1.4. Diagrama de proceso de la producción de vidrio

Fuente: Procesos de producción Cridesa, 2015.

Elaboración propia.

La materia prima de una empresa fabricante de vidrio en Guayaquil: arena, piedra caliza, carbonato de sodio y vidrio reciclado va a Batch House, donde se hace mezcla de las proporciones adecuadas en balanzas automáticas. El casco en la mezcla permite que se ahorre energía ya que la mezcla se funde a menor temperatura. Luego, los componentes combinados se envían al horno para fundirse.

El horno calienta la mezcla a aproximadamente 1.565° C (grados Celsius) (2.850° F), generando vidrio fundido, que luego se dirige al refinador. El refinador es un canal refractario el cual recibe el vidrio que viene desde el horno y lo distribuye hacia los alimentadores, para luego ser acondicionado según las necesidades del proceso de formación del envase fabricado. El alimentador se divide en tres zonas: la zona trasera, la zona media y la zona frontal tal como se observa en la figura 1.5.

La zona trasera del alimentador es la que reduce la temperatura del vidrio en un 60% del total que se reduce en el paso del alimentador, la zona media la reduce en un 30%, y finalmente la zona frontal es la que alcanza la temperatura deseada.

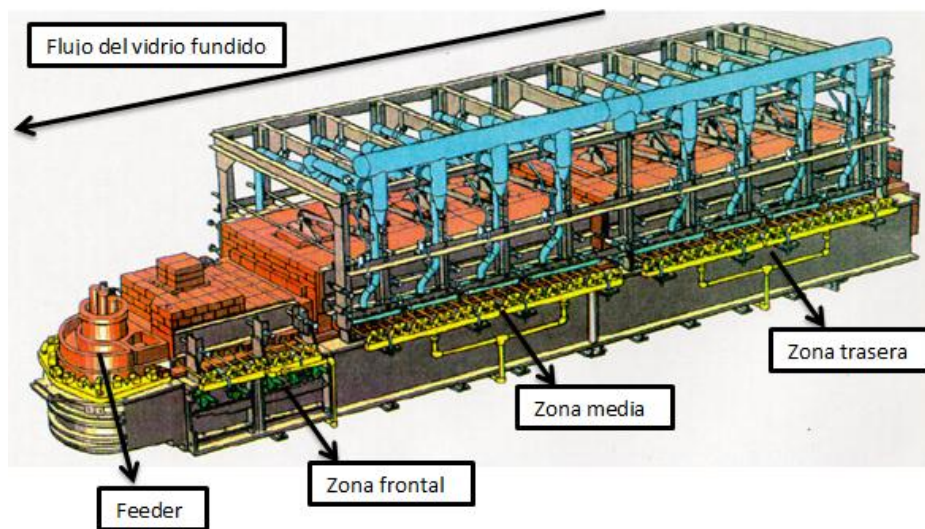


Figura 1.5. Zonas de Alimentador
Fuente: Manual de acondicionamiento, 2015.
Elaboración propia.

En el acondicionamiento de vidrio el objetivo es mantener una temperatura uniforme en el vidrio para garantizar una buena formación de gota y disminuir la posibilidad de defectos de formación debido a un mal acondicionamiento de vidrio.

1.3.2.1. Formación de gota de vidrio

Luego de que el vidrio fundido pasa por los alimentadores, llega al feeder. El mecanismo feeder está ubicado en la parte final del alimentador, donde el vidrio fundido inicia el proceso hasta convertirse en un envase. El vidrio fundido se enfría a una temperatura uniforme y se corta en este mecanismo tomando forma de cilindro, lo que se conoce como gota de vidrio.

El feeder, ver figura 1.6, controla el tamaño y la forma de la gota en proporción al envase que se produce. Además, se compone de varias partes: el tubo rotatorio refractario, las agujas refractarias, el tazón, los orificios donde salen las gotas, éstos

pueden ser de uno, dos, tres y hasta cuatro. En esta empresa se trabaja con dos orificios refractarios.

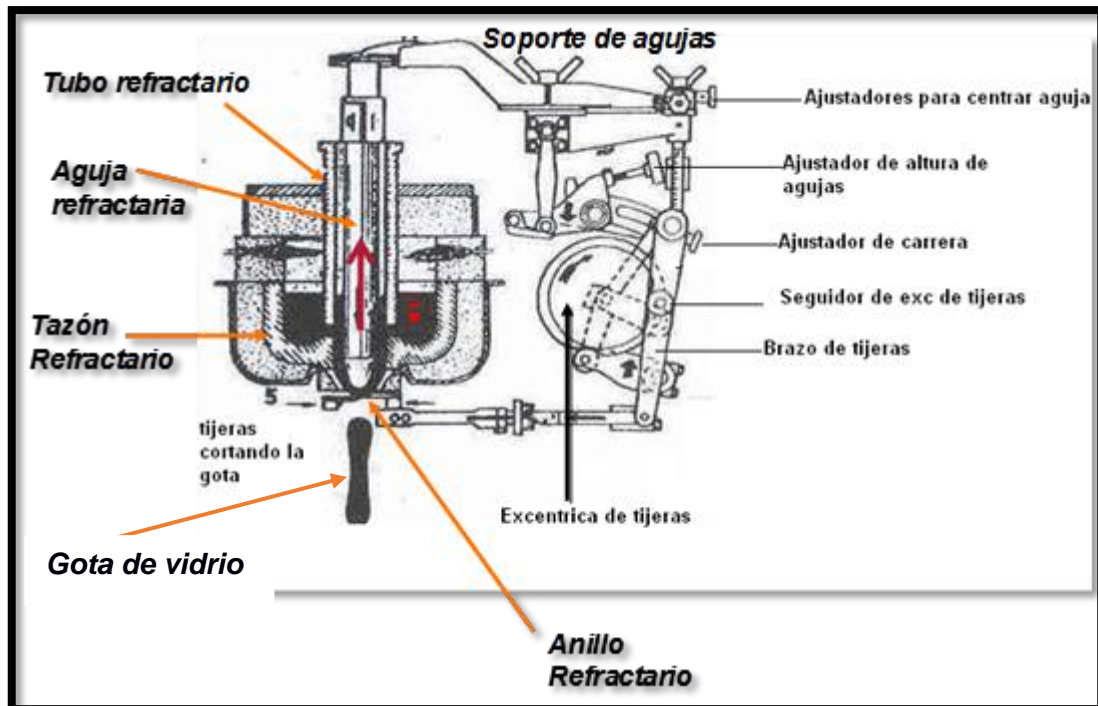


Figura 1.6. Mecanismo de feeder

Fuente: Manual de formación O-I, 2015.

Mientras más alto se coloque el tubo rotatorio refractario el vidrio fluye a un mayor caudal por los orificios. Dentro del tubo se ubica la aguja refractaria que ayuda a controlar el flujo de vidrio con un movimiento repetitivo hacia arriba y abajo. El movimiento de las agujas ayuda a que el flujo de vidrio atraviese los orificios y salga del feeder. Una vez afuera del feeder, las tijeras cortan y forman la gota de vidrio, el movimiento de las tijeras ayuda a dar la forma de la gota y que las cuchillas no se sobrecalienten.

La combinación de la apertura de los orificios, el movimiento de las agujas y el corte de las tijeras determinan el tamaño y forma de la gota. El tamaño y forma de gota depende de ciertos parámetros que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Variables que afectan la formación de la gota.

Variables que afectan la formación de gota / Características si	Aumenta	Disminuye
Temperatura del vidrio	Gota más larga, más pesada y forma de hueso de perro	Gota más corta, menos pesada y más compacta
Velocidad de la máquina	Gota más corta y con menos peso	Gota más larga y con más peso
Recorrido de la aguja	Gota más corta y más pesada	Gota más larga y más liviana
Altura de la aguja	Gota más larga y más pesada	Gota más corta y más liviana
Altura del tubo	Gota más larga y más pesada	Gota más corta y más liviana
Diámetro del orificio refractario	Gota más corta, más pesada y más gruesa	Gota más larga, más liviana y más delgada
Diferencial de agujas	Gota con punta, barriga y cola	Gota corta y con cabeza

Fuente: Manual de formación de vidrio, Cridesa 2015.

Elaboración propia

A continuación en la figura 1.7 se muestran dos ejemplos de la variación de forma de gota cuando se incrementa y disminuye la temperatura del vidrio.

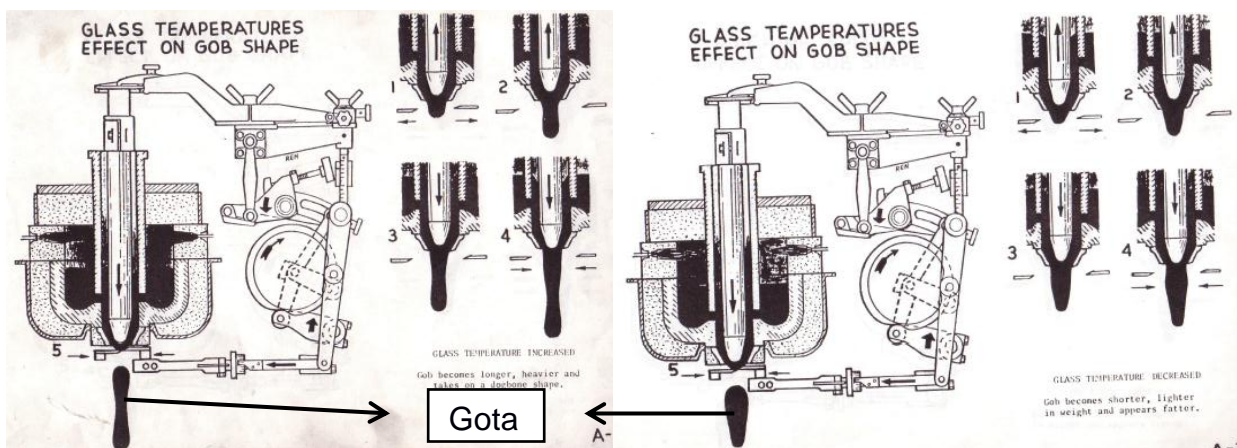


Figura 1.7. Variación de forma de gota cuando aumenta (i) y cuando disminuye la temperatura del vidrio (d).

Fuente: Manual de formación O-I, 2015.

La gota al salir del feeder pasa por el distribuidor de gota, en segunda instancia va al canalizador, a continuación es entregada al deflector y finalmente al premolde, tal como se muestra en la figura 1.8. Los deflectores son de radio variable según el recorrido de la gota a las diferentes secciones de cada línea de producción, por ejemplo: en el caso de la sección 1 se encuentra a una misma distancia que la sección 10 con respecto al distribuidor de gota. Así mismo la sección 2 con la sección 9, la sección 3 con la sección 8, la sección 4 con la 7 y finalmente la sección 5 con la sección 6.

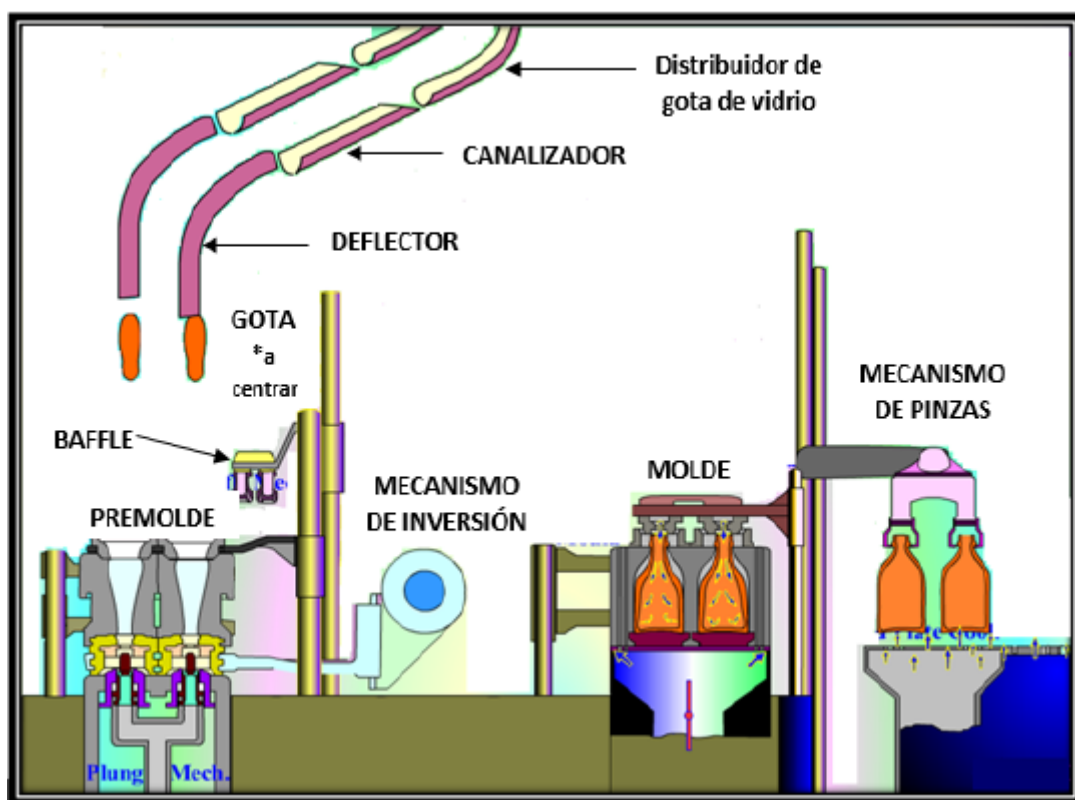


Figura 1.8. Diagrama de proceso de formación de vidrio

Fuente: Procesos de producción Cridesa, 2015.

Elaboración propia.

Se necesitan de dos moldes para producir envases de igual forma y tamaño. El primero es el premolde que produce la gota de forma alargada llamada parison y el segundo, es el molde que da la forma final del envase.

Existen dos métodos por los cuales se puede realizar el proceso de formación de envases: el soplado – soplado y el prensado – soplado. La diferencia entre ambos métodos es la forma en que el parison es formado.

En el método soplado – soplado, el premolde es cubierto y el aire es insertado para formar el parison. El método de prensado - soplado utiliza un plunger metálico, para presionar el parison en lugar de aire. Sin importar el método utilizado, la gota debe transformarse en parison. Una vez completada la primera etapa, el parison es desplazado del premolde al molde, mediante el mecanismo baffle que se observa en la figura 1.8, donde el envase será soplado con aire comprimido y toma su forma final. (O-I, Manual de formación de gota de vidrio, 2006)

Los envases moldeados pasan a través del archa, que es una máquina que los vuelve a calentar y los enfría gradualmente para liberar las fuerzas de tensión y dar dureza al vidrio. Los envases luego pasan por máquinas de inspección en los cuales se verifica que cumplan con los estándares de calidad establecidos, los envases que no cumplan con la especificación vuelven al ciclo como vidrio reciclado o casco a la materia prima. Los envases que pasan el proceso de inspección son empaquetados y almacenados hasta su entrega.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

El objetivo principal de este capítulo es obtener el diseño final del encausador de la gota de vidrio. Para ello es necesario conocer las condiciones de diseño, luego una matriz de decisión que incluye las posibles alternativas para una solución válida. Una vez obtenida la mejor alternativa. Después hacer un análisis de trayectoria de gota con el fin de determinar el porqué de la desviación, luego conocer el tipo de material que cumpla con las especificaciones y que además, sea viable económicamente en el mercado ecuatoriano. Finalmente hacer un análisis de costos.

2.1. Matriz de decisión

La gota de vidrio es ligeramente desviada saliendo del deflector, tal como se observa en la figura 1.8. Se propone tres opciones para orientar de mejor manera la gota al centro del premolde.

Tabla 4. Alternativas de orientación en la gota de vidrio

1	Encausador
2	Guía de deflector
3	Guía láser

Fuente: Elaboración propia.

El encausador, se ubica en la parte final del deflector guiando la gota en el último tramo del recorrido hasta el centro del premolde, como se muestra en la figura 2.1. Una de las características del encausador es que reduce el diámetro de la gota, de esta forma se evita el contacto con las paredes del premolde a la caída.



Figura 2.1. Alternativa 1: Encausador

Fuente: Elaboración propia

La guía de deflector se ubica al final del canalizador, como se muestra en la figura 2.2. con el objetivo de guiar de mejor forma a la gota antes de que entre al deflector, obteniendo así el contacto en la curva inicial y asegurando el contacto al entrar en el deflector, de manera que la gota no se desvíe en el último tramo.

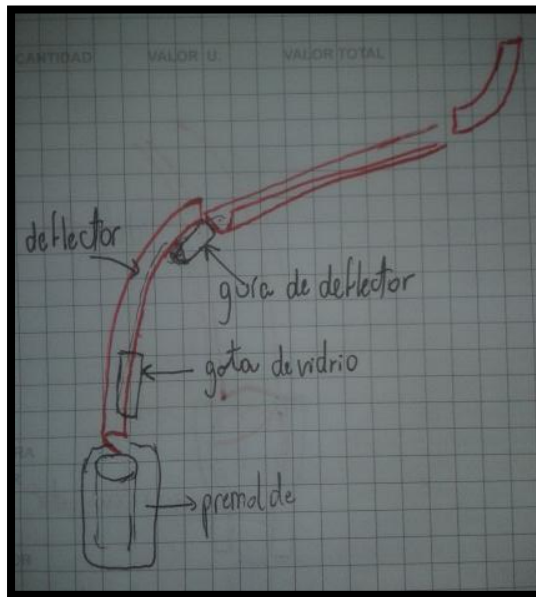


Figura 2.2. Alternativa 2: Guía de deflector

Fuente: Elaboración propia

El guía láser es un sujetador dentro del deflector que ayuda a una mejor alineación al centro del pre molde, como se muestra en la figura 2.3. Esta alineación se podría realizar cada vez que haya cambio de molde de envases. De esta forma se evitaría una alineación manual y de acuerdo a la apreciación del operador.

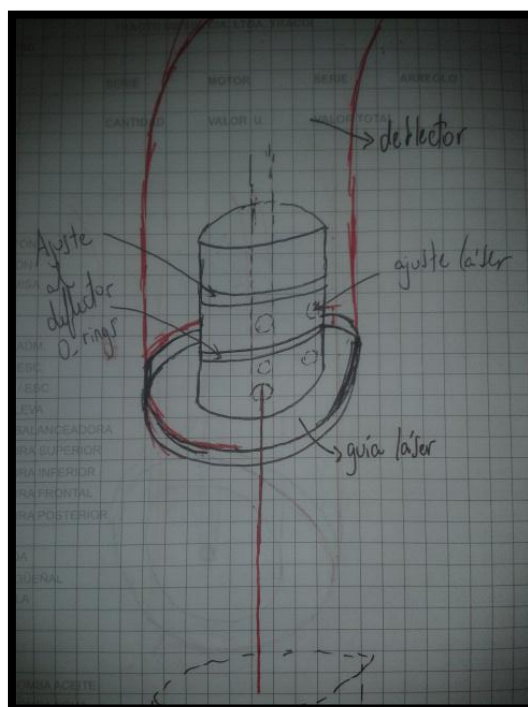


Figura 2.3. Alternativa 3: Guía láser

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizadas las tres alternativas se procede a la evaluación de cada una de ellas en una matriz de decisión y se escoge la más apropiada según las valorizaciones establecidas, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Valorizaciones del diseño

Valorizaciones	%
Eficacia	25
seguridad operacional	25
Maniobrabilidad	20
Costo	30

Fuente: Elaboración propia.

La eficacia de los diseños se realizará en relación con la capacidad de cada uno de orientar de mejor forma la gota de vidrio. En relación a la seguridad operacional se evaluará el grado de seguridad para el operador durante la implementación de la alternativa seleccionada. Respecto a la maniobrabilidad se valorará las facilidades para el operador en la instalación y manejo de la alternativa. Finalmente, el costo se refiere a los beneficios económicos del diseño.

En la tabla 5, a cada una de las valorizaciones se le asignó un porcentaje de influencia en las alternativas de diseño. Los criterios de evaluación son: muy bueno (MB), bueno(B) y regular (R), ver tabla 6.

Tabla 6. Criterios para valorizaciones del diseño

MB	4
B	3
R	2

Fuente: Elaboración propia.

Cada factor se multiplica al porcentaje de valorización y se obtiene una calificación, la suma de todos los porcentajes para cada alternativa dará un total. Se compara el total en cada diseño y el que tenga el mayor puntaje es el diseño final de orientación de gota de vidrio. Si cada valorización para una alternativa determinada fuera muy buena, el total sería 400.

Tabla 7. Matriz de decisión

Valorización \ Alternativa	1		2		3 [%]	
		[%]		[%]		
Eficacia [25%]	MB	100	B	75	B	75
Seguridad operacional [25%]	B	75	B	75	B	75
Maniobrabilidad [20%]	MB	60	R	40	MB	80
Costo [30%]	B	90	B	90	R	60
TOTAL		325		280		290

Fuente: Elaboración propia.

El diseño correspondiente al encausador cumple satisfactoriamente (325/400), con las valorizaciones creadas para la evaluación de las propuestas. En consecuencia, se procede a analizar las consideraciones técnicas de diseño de la alternativa seleccionada. La metodología de diseño a seguir es la que se muestra en el diagrama de la figura 2.4.

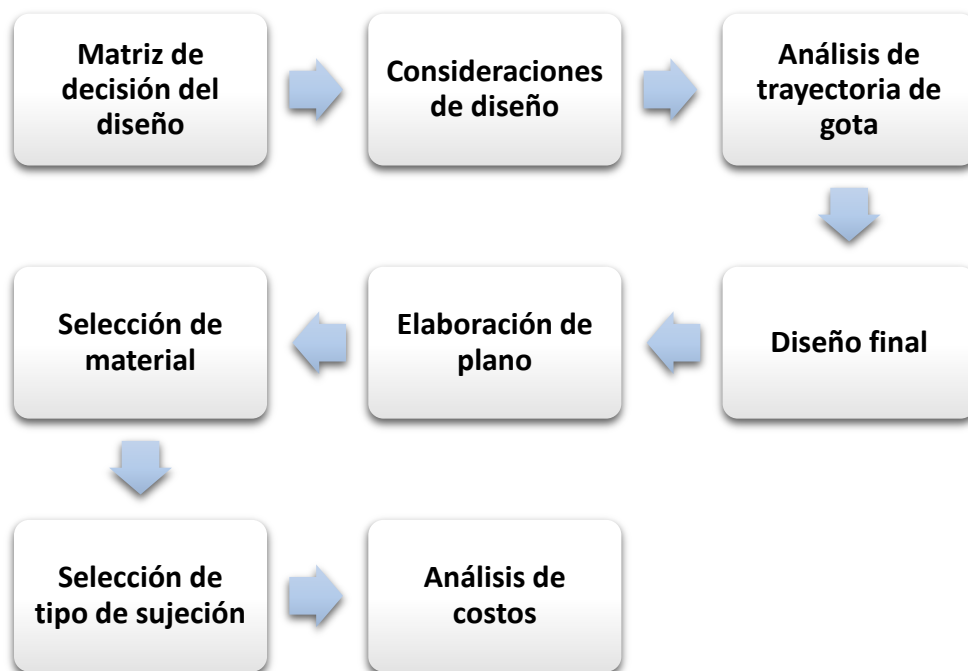


Figura 2.4. Diagrama de Metodología de diseño

Fuente: Elaboración propia

2.3. Consideraciones de diseño

Existen varios parámetros en el diseño del encausador que deben ser considerados, como por ejemplo, la temperatura de operación, el diámetro final y la velocidad de gota.

2.3.1. Temperatura de operación

La gota de vidrio como se mencionó en el capítulo 1, viene del horno a los alimentadores, luego al feeder que es donde se forman las gotas. Las gotas al salir del feeder tienen una temperatura aproximada de 950° C, y cuando llegan al premolde es de 680° C tal como se observa en la figura 2.5. El material que se escoja debe soportar altas temperaturas.

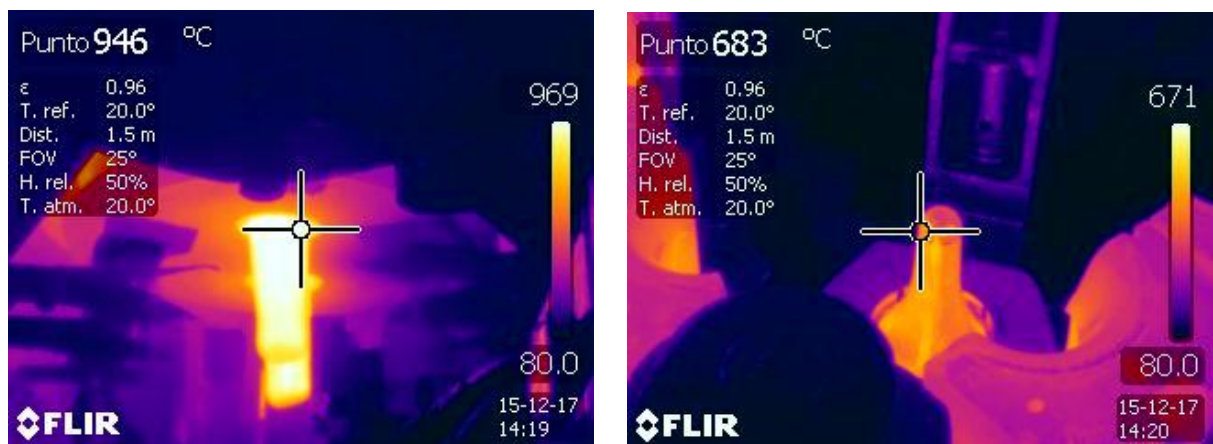


Figura 2.5. Termografía a la salida del feeder (izquierda) y en el premolde (derecha)

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Dimensiones del encausador

Según experiencias previas en empresas fabricantes de envases de vidrio de Brasil y Perú de igual sistema de producción, la relación óptima entre volumen de gota y volumen interno de encausador debe ser cercana a 1. (O-I(Brasil), 2015)

La masa de gota de uno de los envases más producidos está entre 200 y 220 gr. La densidad del vidrio a considerar es de 2.50 gr/cm³. (O-I(Brasil), 2015). Por lo que el volumen de gota se muestra en la tabla 8. El volumen se obtiene mediante la fórmula:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Donde:

$V = \text{volumen}$

$m = \text{masa}$

$\rho = \text{densidad}$

Tabla 8. Volumen de gota

m [gr]	Volumen de gota [cm ³]
200	80
220	88

Fuente: Elaboración propia.

El deflector más utilizado en la empresa es el de 1" de diámetro interno, por lo que se escoge maquinar el encausador en forma de embudo de 1 1/8" a 15/16" de diámetro interno para que la gota sea abarcada en su totalidad. El diámetro se reduce para que la gota en la caída al premolde no roce las paredes del mismo y evitar un desgaste variado, esto es lo que provoca que el espesor de envase de vidrio no sea uniforme. La altura del encausador es la máxima posible, ésta es restringida por el movimiento del mecanismo baffle que hace un movimiento semicircular y transporta el envase del premolde al molde. Esta altura es de 9", mientras mayor sea la altura será más fácil que la gota llegue al centro del premolde.

En la tabla 9 se muestra la relación de volumen de gota y volumen interno de encausador, el volumen mínimo pertenece a la gota de 200 gr y el volumen máximo a la de 220 gr. La relación se obtiene de una división del volumen interno de encausador para volumen de gota. En esta tabla se coloca 4 diferentes alturas para cada uno de los dos diámetros. Esto para comparar las relaciones de volúmenes a diferentes alturas. El encausador de 1 1/8" de diámetro interno y altura de 22.86 cm o 9" tiene una relación de V_{\min} de 1.83, esta relación mejora cuando se reduce el diámetro a 15/16" con la

misma altura la relación es de 1.27. En general, la relación de volúmenes mejora al disminuir el diámetro y mientras esté más cercana a 1 mejor.

Volumen de interno de encausador					Volumen de gota		Relación de V_{\min}	Relación de V_{\max}
diámetro [in]	diámetro [cm]	radio [cm]	altura [cm]	Volumen [cm ³]	V_{\min} [200 gr]	V_{\max} [220 gr]		
1 1/8	2.86	1.43	15.00	96.20	80.00	88.00	1.20	1.16
			20.00	128.26	80.00	88.00	1.60	1.55
			22.86	146.60	80.00	88.00	1.83	1.67
			25.00	160.33	80.00	88.00	2.00	1.94
15/16	2.38	1.19	15.00	66.81	80.00	88.00	0.84	0.81
			20.00	89.07	80.00	88.00	1.11	1.08
			22.86	101.81	80.00	88.00	1.27	1.23
			25.00	111.34	80.00	88.00	1.39	1.34

Tabla 9. Relación de volumen de espacio y de gota

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la velocidad de gota, se la mide a la salida del deflector con un instrumento de medición llamado Gobli, el cual da características de la gota tales como: longitud, diámetro, temperatura y velocidad de gota. El rango de velocidad medido está comprendido entre 4 y 6 m/s.

2.4. Análisis de trayectoria de gota

La gota tiene una trayectoria desde que cae del feeder hasta que llega al premolde, tal como se muestra en la figura 2.6.

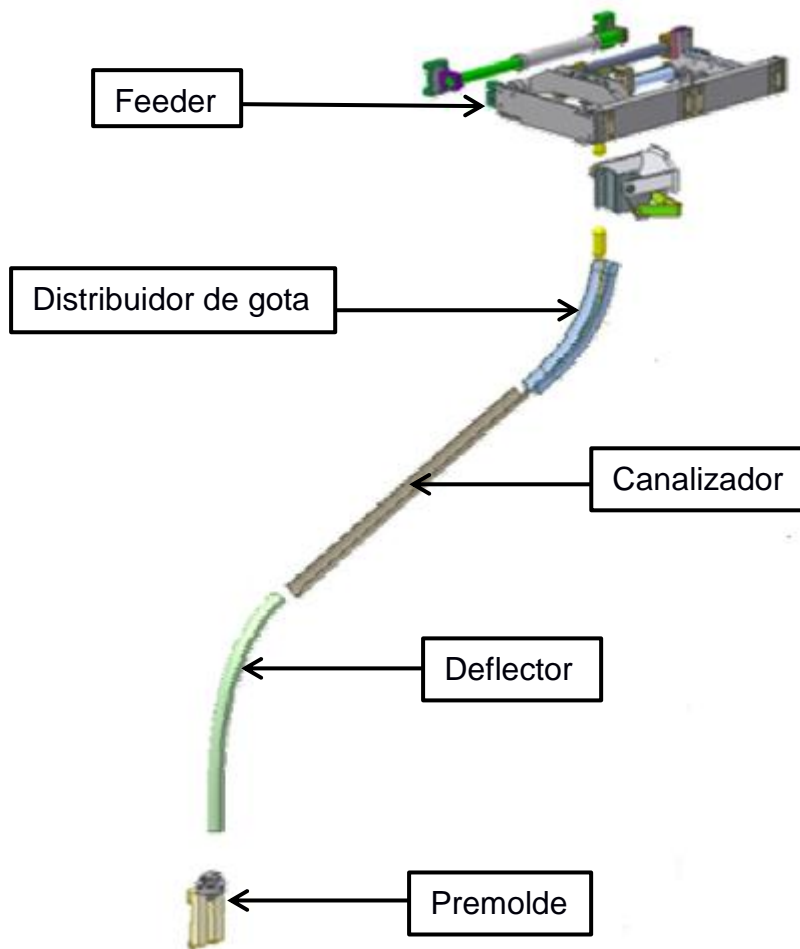


Figura 2.6. Esquema de caída de gota al premolde

Fuente: Manual Engineer Training O-I, 2013

Se busca analizar por ecuaciones de cinemática, la aceleración normal de la gota al salir del canalizador y verificar que el radio de curvatura de deflectores tengan un radio de curvatura similar al calculado, de esta forma la gota no rebotaría en el deflector y se mantendría en contacto. Para el análisis no se considerará la fricción ya que el distribuidor de gota, el canalizador y el deflector poseen un tipo de recubrimiento llamado kleenmold base 10 que ayuda la entrega de la gota al premolde, es de uso común como lubricante en la industria del vidrio.

El distribuidor de gota se encarga de entregarla a 10 secciones que posee cada máquina de formación, como muestra en la figura 2.7. En cada sección se entregan dos gotas a dos premoldes.



Figura 2.7. Distribuidor de gota de vidrio entrega a diferentes secciones

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis se usarán las ecuaciones de conservación de energía, y la de aceleración normal. El principio de conservación de energía establece que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Existen varios tipos de energía, en este análisis sólo está involucrada la mecánica. La energía mecánica se divide en energía cinética (E_c) y energía potencial (E_p). La energía potencial es la relacionada a los cambios de posición, mientras que la energía cinética es la relacionada a los cambios de velocidad.

Por otra parte, la aceleración normal mide el cambio en la dirección de la velocidad. Su magnitud depende del radio de curvatura y de la rapidez del movimiento, el vector de aceleración normal siempre apunta al centro de curvatura.

$$Ep_1 + Ec_1 = Ep_2 + Ec_2 \quad (2)$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (3)$$

$$a_n = \frac{v_3^2}{\rho} \quad (4)$$

Los respectivos cálculos se muestran en el capítulo 3.

CAPITULO 3

En este capítulo se hace el análisis de la trayectoria de la gota, se define el diseño final del encausador y también se selecciona el tipo de material

3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para obtener los radios de curvatura de la gota de vidrio al entrar al deflector, se tomaron datos de longitud, altura y tiempo de la gota de vidrio en todas las secciones, los datos obtenidos se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Datos de trayectoria de gota de vidrio tipo

Datos de canalizador	Sección de Máquina de Formación A3									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longitud [cm]	200	170	155	80	55	55	80	155	170	200
Altura [cm]	80	70	50	35	20	20	35	50	70	80
tiempo [s]	0.62	0.56	0.44	0.36	0.27	0.27	0.36	0.44	0.56	0.62

Fuente: Elaboración propia

La gota cae del feeder, del punto 1; pasa por el distribuidor de gota, punto 2; luego por el canalizador, punto 3; después por el deflector y finalmente llega al premolde. La trayectoria se observa en la figura 3.1. Las alturas fueron medidas.

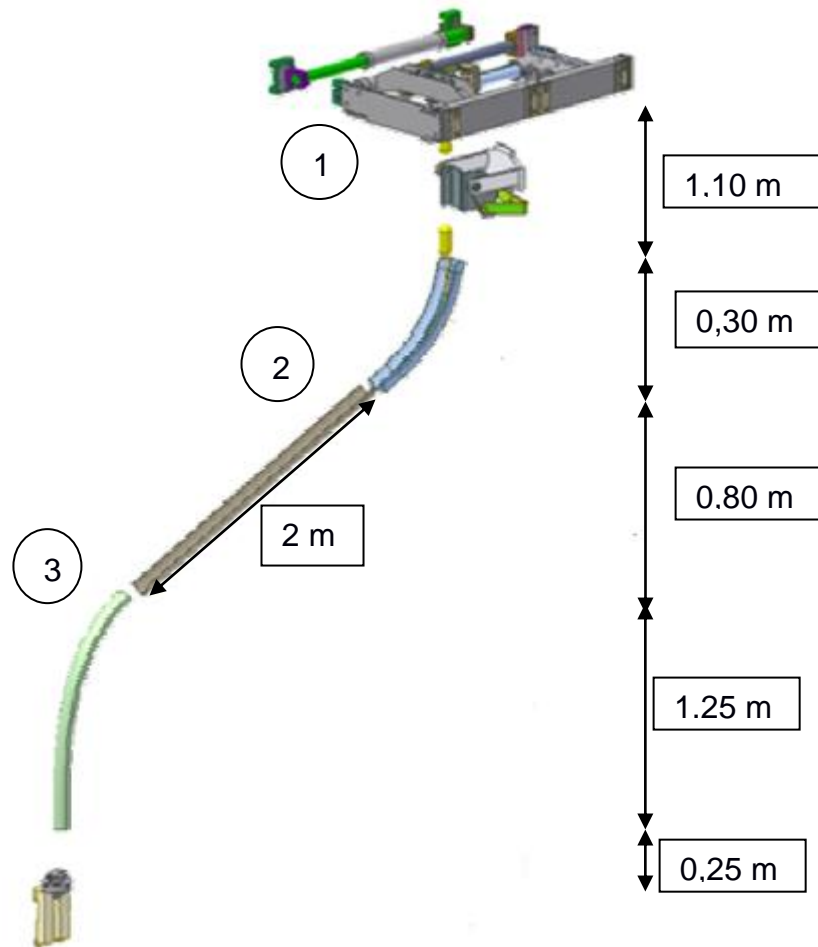


Figura 3.1. Esquema de trayectoria de gota

Fuente: Manual Máquinas IS O-I, 2013.

El análisis que se realiza a continuación es para la sección 1 y la sección 10, ambas se encuentran a la misma distancia del distribuidor de gota.

SECCIÓN 1 – 10

$$\begin{aligned}
 Ep_1 + Ec_1 &= Ep_2 + Ec_2 \\
 mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 &= mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \\
 gh_1 &= \frac{1}{2}v_2^2 \\
 v_2 &= \sqrt{2gh_1} \\
 v_2 &= \sqrt{2\left(9,81\frac{m}{s^2}\right)(1.4\text{ m})}
 \end{aligned}$$

$$v_2 = 5,24 \frac{m}{s}$$

$$Ep_2 + Ec_2 = Ep_3 + Ec_3$$

$$mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh_3 + \frac{1}{2}mv_3^2$$

$$gh_2 + \frac{1}{2}v_2^2 = \frac{1}{2}v_3^2$$

$$v_3 = \sqrt{2\left(gh_2 + \frac{1}{2}v_2^2\right)}$$

$$v_3 = \sqrt{2\left(\left(\frac{9,81m}{s^2}\right)(0,8m) + \frac{1}{2}\left(5,24 \frac{m}{s}\right)^2\right)}$$

$$v_3 = 6,57 \frac{m}{s}$$

Se obtuvo la velocidad a la salida del canalizador

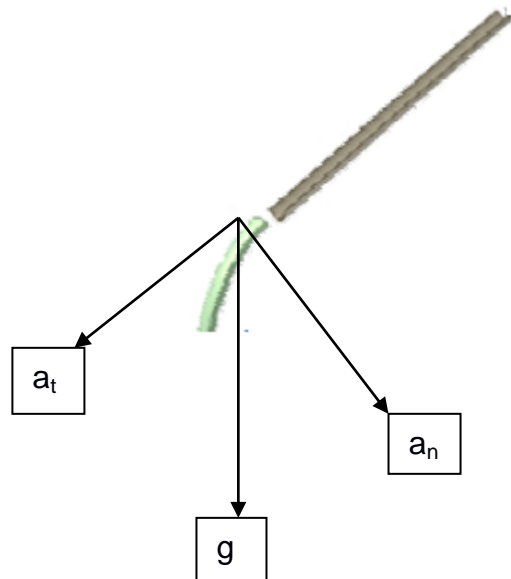


Figura 3.2. Análisis de aceleraciones antes de entrar al deflector

Fuente: Manual Máquinas IS O-I, 2013.

Las tres aceleraciones, ver figura 3.2., se relacionan por la siguiente fórmula

$$g^2 = a_t^2 + a_n^2 \quad (5)$$

La aceleración tangencial se obtuvo por la fórmula.

$$a_t = \frac{v_3^2 - v_2^2}{t} \quad (6)$$

Se midió el tiempo en que la gota pasa por el canalizador, se obtuvo un tiempo de 0,62 s. Reemplazando se tiene que:

$$a_t = \frac{6,57^2 - 5,24^2}{0,62}$$

$$a_t = 2,14 \frac{m}{s^2}$$

Por lo tanto,

$$a_n^2 = g^2 - a_t^2$$

$$a_n = \sqrt{9,81^2 - 2,14^2}$$

$$a_n = 9,57 \frac{m}{s^2}$$

El radio de curvatura se obtiene por la fórmula

$$a_n = \frac{v_3^2}{\rho}$$

$$\rho = \frac{6,57^2}{9,57}$$

$$\rho = 4,51 \text{ m}$$

El radio de curvatura de 4,51 m es el que tomaría la gota al salir del canalizador en caso de que no hubiese deflector, un valor menor de radio de curvatura acogería a la gota. Si este valor es considerablemente más pequeño, la gota entraría al deflector pero no de forma holgada, sino más bien cambiando la dirección de forma brusca lo que podría ocasionar un pequeño rebote y por tanto una desviación de la gota al salir del deflector, en consecuencia la gota no caería al centro del premolde.

Para las demás secciones se realizan los mismos cálculos y se tienen los datos de la tabla 11.

Tabla 11. Datos de velocidad, aceleración y radio de curvatura de secciones de máquina

	v_2 [m/s]	v_3 [m/s]	a_t [m/s ²]	a_n [m/s ²]	ρ [m]
Sección 2 - 9	5.24	6.42	2.11	9.58	4.31
Sección 3 - 8	5.24	6.11	1.98	9.61	3.88
Sección 4 - 7	5.24	5.86	1.72	9.66	3.56
Sección 5 - 6	5.24	5.60	1.33	9.72	3.23

Fuente: Elaboración propia

Los radios de curvatura calculados para deflectores de las secciones varía entre 4.51 y 3.23 m, mientras que los radios de curvatura de los deflectores activos varían entre 0.4 y 1.50 m. Debido al corto radio de curvatura la gota tiene un pequeño choque por lo que la gota es desviada. A fin de corregir esta desviación se propone el diseño del encausador acoplado al final del deflector.

3.2. Diseño final del encausador

Finalmente, se obtiene el diseño del encausador tomando en cuenta las dimensiones óptimas para direccionar de mejor forma la gota. El encausador seleccionada fue de 1 1/8" de diámetro interno a la entrada de la gota y de 15/16 a la salida de la gota con una longitud de 9". Reduciendo el diámetro la relación de volúmenes es más cercana a 1, además de que la gota al caer evitaría rozar con las paredes del premolde ocasionando desgastes y distribución no uniforme de envases.

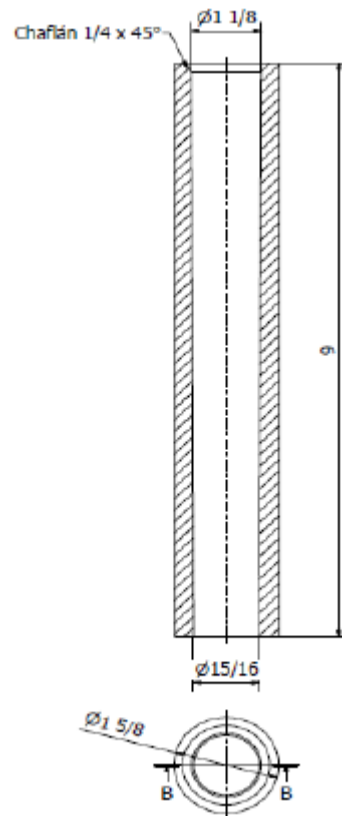


Figura 3.3. Diseño final de encausador

Fuente: Elaboración propia

Es recomendable que la sujeción del encausador con el deflector se haga empernada, ya que el hierro fundido gris, material del deflector, es un material difícil de soldar. Se evitaría también el problema de la centricidad del encausador con el deflector en caso de que no se realice una soldadura de forma adecuada. El diseño del sujetador se aprecia en la figura 2.9.

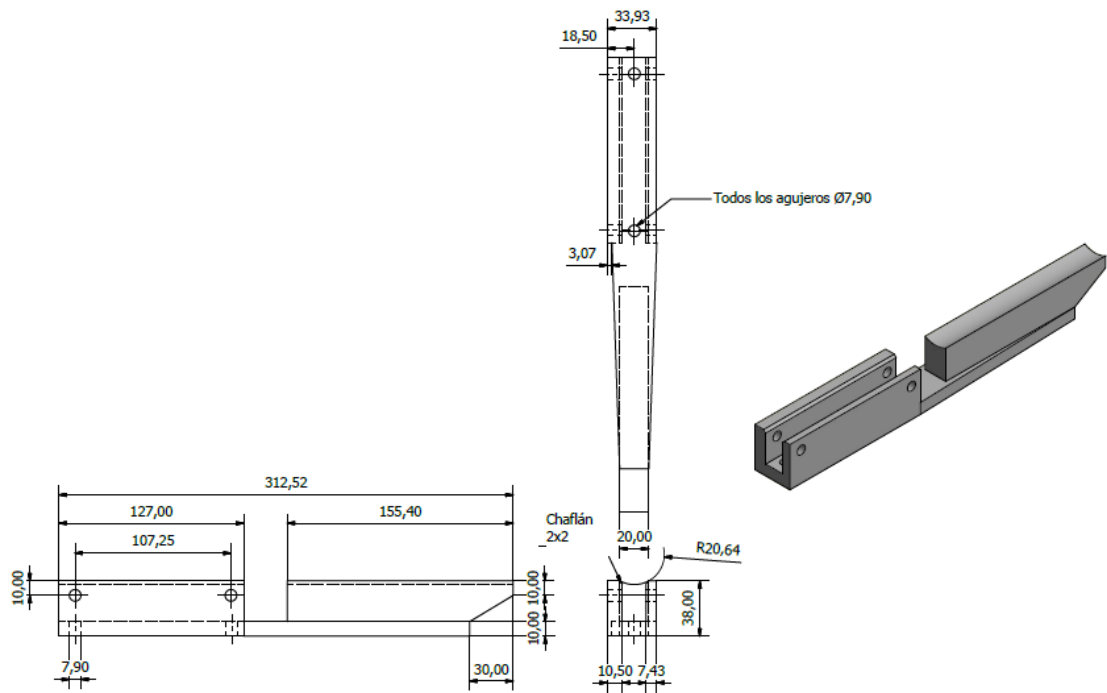


Figura 3.4. Diseño final de sujetador

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el encausador acoplado al deflector.



Figura 3.5. Encausador acoplado a deflector

Fuente: Elaboración propia

3.3. Selección de material

El material para la alternativa seleccionada debe soportar altas temperaturas, desgaste, corrosión. Cabe recalcar que el vidrio no fluye de manera continua, por lo que el calor de la gota no se está transfiriendo por conducción de manera constante, en consecuencia la temperatura que debe resistir el encausador es menor.

En el mercado ecuatoriano el material que cumpla con estas características es el acero AISI H10. Es un acero para trabajar en caliente, posee resistencia a fisuras, por recalentamiento.

La composición de este acero es de:

- Carbono 0.31%
- Sílice 0.30%
- Manganeso 0.35%
- Cromo 2.90%
- Molibdeno 2.80%
- Vanadio 0.50%

Este acero es una aleación de cromo-molibdeno-vanadio, tiene las siguientes propiedades.

- Buena resistencia a la abrasión, tanto a temperaturas altas como bajas
- Alta tenacidad y ductilidad
- Unas aptitudes de mecanizado y pulimentabilidad altas y uniformes.
- Buena resistencia a altas temperaturas y a fatigas térmicas.
- Excelentes propiedades de temple de profundidad.
- Distorsiones muy limitadas durante el temple.

En este tipo de material es recomendable realizar tratamiento térmico como el templado y el revenido. El templado endurece a la mayoría de los aceros y el revenido incrementa su tenacidad.

El templado es una propiedad que determina la profundidad por debajo de la superficie enfriada por inmersión a la cual el acero se endurece. Se aplica a los aceros endurecidos para reducir su fragilidad, incrementar su ductilidad y tenacidad y aliviar los esfuerzos en la estructura de la martensita. (Groover, 2007)

Los elementos de aleación reducen la rapidez de revenido en comparación a los aceros de bajo carbono. Por lo que puede permitir a los aceros de aleación operar exitosamente a mayores temperaturas. (Askeland, 1987)

El tratamiento térmico de templado que se aplica al acero AISI H10 depende del medio en que se realice. La temperatura a la que se somete está entre

1010 - 1050°C en aceite, baño de sales (500-550°C). Tiempo de permanencia después del calentamiento a fondo: 15 - 30 minutos. Dureza obtenible: 52 - 56 HRC. A continuación el tratamiento térmico revenido aplicado a este material consta de calentamiento lento a temperatura de revenido inmediatamente después del temple / tiempo de permanencia en el horno: 1 hora por cada 20 mm de espesor de la pieza, pero 2 horas como mínimo / enfriamiento al aire. Se recomiendan dos ciclos de revenido como mínimo. Resulta favorable un tercer revenido para reducir tensiones. Primer revenido aprox. 30°C arriba de la dureza máxima de revenido. Segundo revenido a dureza útil. El diagrama de revenido muestra los valores medios de dureza de revenido. Finalmente, el tercer revenido es para distensionar, 30-50°C debajo de la temperatura máxima de revenido. (Bohler).

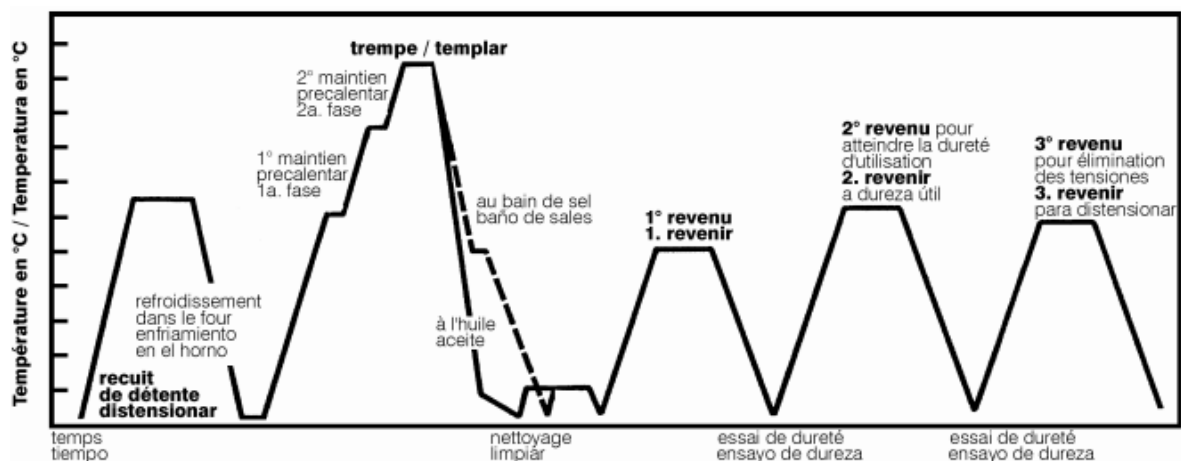


Figura 3.6. Esquema de tratamiento térmico de acero AISI H10

Fuente: Bohler

3.4. Lubricantes usados en deflectores y premoldes

Los deflectores poseen un recubrimiento Kleen Mold Base 10 y catalizador, se usa especialmente en la industria de la fabricación del vidrio.

“Es una mezcla de resina epoxi/ grafito que está pintado sobre el equipo de entrega, el distribuidor de gota, el canalizador y el deflector, para facilitar la entrega de la gota de vidrio al premolde. Éste recubrimiento posee un bajo coeficiente de fricción, por lo que permite a la gota ser transportado con facilidad

y de manera uniforme; tiene dos componentes que se mezclan cuando están listos para usarse. La composición de kleen mold base 10 es de grafito suspendido en resina epoxi sin reaccionar y del catalizador es amina epoxi reactante catalizador". (Total Lubricants USA, 2005).

Los premoldes son lubricados con kleenmold 197.

"Kleenmold 197 es un compuesto a base de aceite de petróleo, que contiene grafito, azufre, y aditivos apropiados. Recomendamos usarlo en aquellos casos en que las botellas deberán lucir extremadamente limpias. Específicamente, el Kleenmold 197 se usa en los frascos y botellas como ser las de mayonesa, farmacéuticas, cosméticas y los que contienen alimentos. Se lo recomienda en los procesos de formación por B/B, P/B, NNPB. Kleenmold 197 se usa en las botellas de licor pues les va a proveer de una superficie limpia y suave, donde su apariencia y aspecto son tan importantes". (Kleenmold 197, 2002).

Actualmente, se lubrican los premoldes cada 15 minutos aproximadamente. Cada tanque de este producto contiene 55 galones, se consumen aproximadamente 4 tanques al mes. Cada uno tiene un costo de \$1000. Con la implementación del encausador se busca prolongar los tiempos de lubricación.

3.5. Análisis de curvatura de deflectores

Los radios de curvatura obtenidos para los deflectores de cada sección están comprendidos entre 3.23 y 4.51 m, aproximadamente. Este radio es el de la trayectoria de la gota al salir del canalizador, es decir en el punto 3 de la figura 2.6.

La curvatura real de los deflectores según sus planos oscilan entre 0.4 y 1.5 m (figura 3.1) . Por consiguiente, existe un desgaste considerable en la curvatura del deflector, tal como se muestra en la figura 3.2.

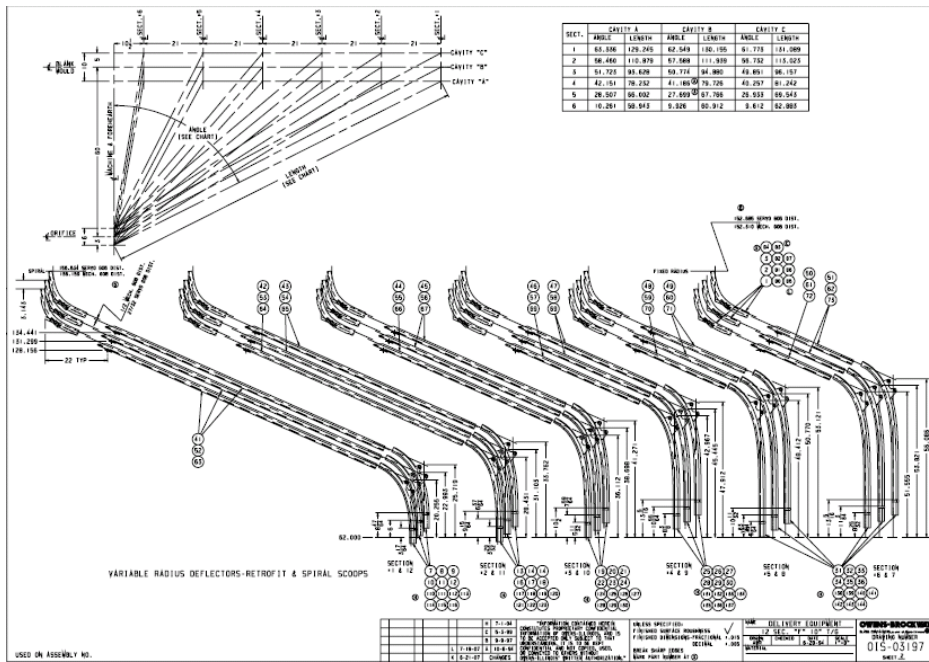


Figura 3.7. Plano de deflectores
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.8. Curvatura de deflectores desgastados
Fuente: Elaboración propia

3.6. Análisis de costos

Cada sección de la línea de producción tiene capacidad para dos gotas de vidrio que llegan al premolde al mismo tiempo. Por lo tanto en cada sección habrán dos deflectores, dos encausadores y dos sujetadores para orientar la gota.

Se realizó la cotización, la cual se encuentra en apéndice. Dentro de la empresa se cuenta con el personal capacitado y las máquinas herramientas necesarias para el mecanizado de los dos encausadores y dos sujetadores. Cada operario trabaja 180 horas mensuales y gana un sueldo de \$556, el tiempo estimado de mecanizado es de 30 horas, dos operarios construirán estas piezas. Los costos de material y mano de obra se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 12. Costo de encausadores y sujetadores para una sección

Descripción	Costo
Material acero AISI H10	\$ 284.50
Mano de obra	\$ 185.40
Costo total	\$ 469.90

Fuente: Elaboración propia

Con el uso del encausador en el sistema de formación se aspira reducir el consumo de lubricantes de cuatro tanques a uno

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

- Se diseñó el encausador para mejorar tanto la orientación de gota de vidrio al centro del premolde, como la distribución de vidrio en la formación de envases.
- Se reducirá la carga laboral al optimizar el tiempo del personal dedicado a lubricar. Se aspira a que se lubriquen los premoldes al menos cada hora en lugar de 15 minutos.
- El uso de encausador reducirá la dependencia en la habilidad del operario al centrar la gota.
- Se reducirán los envases rechazados ya que se mejorará la distribución del vidrio.
- Se logrará estabilidad en la producción de envases de vidrio.
- Con el diseño propuesto, el consumo de lubricantes se reduce a \$1000 aproximadamente por mes.
- Se recomienda seguir con el proceso de construcción de los encausadores y verificar que exista mejora en la producción.
- Se recomienda mejorar la curvatura de los deflectores para evitar el desvío de la gota y el desgaste del material.

BIBLIOGRAFÍA

- Askeland, D. R. (1987). *La Ciencia e Ingeniería de los materiales*. México DF: Iberoamérica.
- Bohler. (s.f.). *Bohler w320, acero para trabajar en caliente*.
- Brazil, O.-I. (2015). *Improve gob delivery*.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México DF: Mc Graw Hill.
- Kleenmold 197, D. t. (2002). *www.kleenmold.com*.
- O-I(Brasil). (2015). *Relación de volúmen de espacio y gota* .
- Total Lubricants USA, I. G. (2005). *Kleen mold base 10 & catalyst Technical data sheet*. New Jersey.
- Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y materiales de Oviedo*. (27 de febrero de 2005). Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion2.Vidrio.Definicion.CaracteristicasEstadoVitre.pdf>
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Ciudad de México: Prentice Hall.
- O-I. (2011). *Manual de formación* . Estados Unidos.
- Training FO & GS Glass composition. (2011). Estados Unidos: O-I.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Planos Esquemáticos

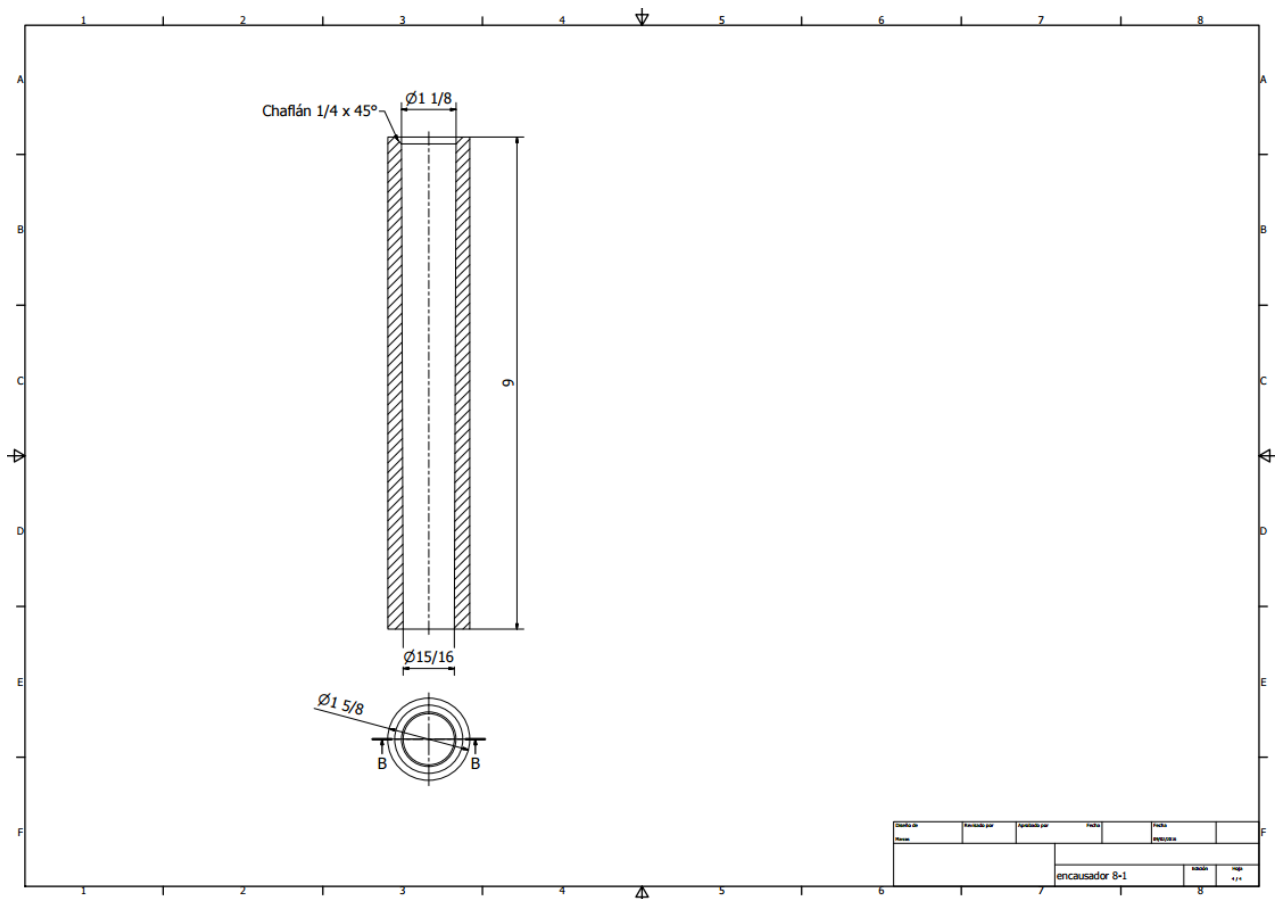


Figura C. Plano de encausador

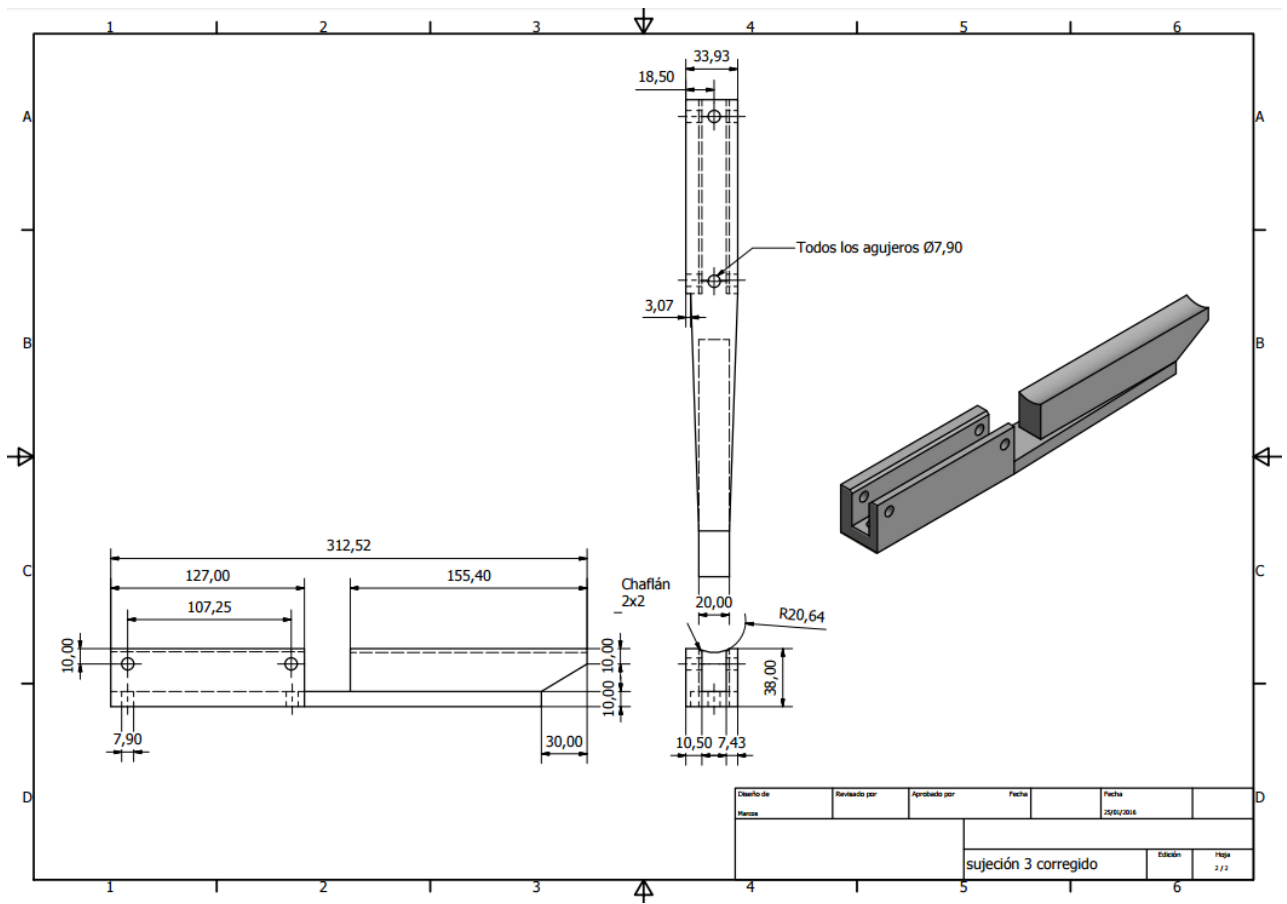


Figura D. Plano de sujetor