

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



**Propuesta de mejora en el empaque con  
plástico termoencogible y polystrech en una  
embotelladora de bebidas carbonatadas y no  
carbonatadas**

Alfonso Girón Deola

Guatemala

2012



**Propuesta de mejora en el empaque con plástico termoencogible y polystrech en una embotelladora de bebidas carbonatadas y no carbonatadas**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial




**Propuesta de mejora en el empaque con  
plástico termoencogible y polystrech en una  
embotelladora de bebidas carbonatadas y no  
carbonatadas**

Trabajo de investigación presentado por Alfonso Girón  
Deola para optar al título académico de Licenciado en  
Ingeniería Industrial

Guatemala

2012


Vo.Bo:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Mauricio Javier López Lemus

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Ingrid Lorena De León Vilaseca

(f)   
\_\_\_\_\_  
Lic. Raúl Dacaret

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Mauricio Javier López Lemus

Fecha de aprobación: Guatemala, 13 de enero de 2012

## **PREFACIO**

La detección de sobrantes de polystrech y termoencogible inició durante el desarrollo de las Prácticas Profesionales realizadas en la embotelladora. Durante ese periodo, el enfoque respecto a ambos insumos se dirigió al control de rendimientos, verificando que se cumplieran los estándares de consumo establecidos además de las normas de calidad, tanto para las tarimas embaladas con polystrech, como para las cajas empaquetadas con termoencogible.

El interés por eliminar esos sobrantes de material fue el punto de partida para la realización de este Trabajo de Graduación. A partir de esto se empezó a observar cajas y tarimas y a analizar la forma de empaque en ambos casos para poder concluir en dónde podría reducir la cantidad de material.

Las observaciones hechas a los jefes de área despertaron el interés por reducir, en una medida significativa, el consumo de ambos insumos en la planta de producción, lo que ayudaría a reducir costos, incluso en otras embotelladoras pertenecientes a la corporación. También es importante considerar que varias de las presentaciones involucradas en este trabajo son de frecuente producción, por lo que la importancia de trabajar con ellas acentuará la validez de la propuesta.

Por último, quisiera agradecer al personal de la embotelladora en donde llevé a cabo el análisis que permitió la realización de este trabajo, al Ing. Javier López por su asesoría durante el transcurso de la realización del mismo y a mi familia en general, por su apoyo y compañía en estos años de carrera universitaria.

# ÍNDICE

<b>PREFACIO .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE DIAGRAMAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>III. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>IV. ALCANCE .....</b>	<b>5</b>
<b>V. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
A. Polietileno .....	6
<b>VI. ENFOQUE EN LOS PLÁSTICOS: POLYSTRECH Y     TERMOENCOGIBLE.....</b>	<b>12</b>
A. Polystrech.....	12
B. Termoencogible .....	25
C. Identificación de las operaciones que involucran a los insumos termoencogible y polystrech en la línea de producción de la embotelladora.....	35
<b>VII. SITUACIÓN ACTUAL E IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE     OPORTUNIDAD .....</b>	<b>40</b>
A.Situación actual .....	40
B. Áreas de oportunidad .....	45
<b>VIII. PRUEBAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>56</b>
A. Polystrech.....	57

B. Termoencogible .....	64
<b>IX. REPRESENTACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS OPERACIONES     DE LA LÍNEA DE EMBOTELLADO .....</b>	<b>82</b>
<b>X. MANEJO DEL CAMBIO .....</b>	<b>112</b>
A. Polystrech.....	112
B. Termoencogible .....	112
C. Participación de los operadores en todas las actividades que involucrarán un cambio .....	113
D. Comunicación del enfoque de reducción de costos.....	114
<b>XI. ANÁLISIS FINANCIERO .....</b>	<b>115</b>
A. Inversión inicial.....	116
B. Repercusión del ahorro .....	124
C. Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	125
D. Valor Actual Neto.....	126
<b>XII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>XIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>XIV. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>130</b>
<b>XV. ANEXOS .....</b>	<b>131</b>
A. Mapa conceptual del plástico polystrech.....	131
B. Mapa conceptual del plástico termoencogible .....	132
C. Resumen de factores de consumo propuestos para el termoencogible y polystrech .....	133
D. Estudio de tiempos.....	134

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características físicas y mecánicas del polietileno lineal de baja densidad.....	10
Tabla 2: Comparación de las características del polietileno en relación a su densidad.....	11
Tabla 3: Riesgos mecánicos durante la distribución.....	17
Tabla 4: Riesgos climáticos durante la distribución.....	18
Tabla 5: Otros riesgos durante la distribución.....	18
Tabla 6: Relación entre toneladas de desecho de polietileno y su porcentaje de reciclaje por medio del sistema mecánico.....	24
Tabla 7: Resultados de Poli-Star para la prueba de laboratorio con polystrech reciclado de bajo costo. ....	25
Tabla 8: Riesgos climáticos durante la distribución. ....	34
Tabla 9: Otros riesgos durante la distribución.....	34
Tabla 10: Factores de consumo para termoencogible y polystrech de las presentaciones que se analizarán en este trabajo.....	40
Tabla 11: Análisis FODA de las tarimas embaladas con polystrech. ....	45
Tabla 12: Áreas de oportunidad para reducción del polystrech, por línea y por presentación.....	48
Tabla 13: Análisis FODA de las cajas empaquetadas con termoencogible.....	51
Tabla 14: Propuesta de dimensiones de termoencogible en presentaciones seleccionadas.....	55
Tabla 15: Resumen de la comparación de resultados obtenidos en la evaluación del nuevo proveedor en línea 5.....	58
Tabla 16: Resumen de la comparación de resultados obtenidos en la evaluación del nuevo proveedor en línea 8.....	60
Tabla 17: Prestiraje promedio por línea de producción. ....	61
Tabla 18: Reducciones de peso del polystrech, por tarima.....	63

Tabla 19: Resultados de la prueba de termoencogible 580 x 65 micras, lata 12 onzas, línea 1. ....	67
Tabla 20: Resultados obtenidos en la prueba de lata 10.5 onzas, línea 1.....	69
Tabla 21: Resultados de la prueba de termoencogible 560 x 65 micras, 3 litros PET, línea 5. ....	71
Tabla 22: Resultados de la prueba de termoencogible 560 x 65 micras, 2.5 litros PET, línea 5. ....	71
Tabla 23: Resultados de la prueba de termoencogible 760 x 45 micras, 12 onzas PET, línea 8. ....	73
Tabla 24: Resultados de la prueba de termoencogible 810 x 50 micras, 600 ml PET. ....	75
Tabla 25: Resultados de la prueba de termoencogible 810 x 50 proyectado hacia las demás presentaciones no carbonatadas. ....	76
Tabla 26: Propuesta de termoencogible para la presentación de 500 ml no carbonatada, línea 8.....	77
Tabla 27: Propuesta de termoencogible para la presentación 600 ml no carbonatada, línea 8.....	78
Tabla 28: Propuesta de termoencogible para la presentación 600 ml carbonatada, línea 4.....	79
Tabla 29: Resumen de los nuevos factores para las presentaciones mencionadas. ....	80
Tabla 30: Modificaciones de los insumos termoencogible y polystrech, por presentación.....	83
Tabla 31: Inversión inicial en material para las pruebas de termoencogible. ....	116
Tabla 32: Cuantificación del tiempo del personal involucrado en las pruebas de nuevas dimensiones de termoencogiblecuatrimestre del año 2011.....	117
Tabla 33: Cuantificación del consumo de energía utilizada para las pruebas de termoencogible en las líneas de producción.....	117
Tabla 34: Inversión en material para las pruebas de polystrech .....	118

Tabla 35: Cuantificación del tiempo del personal involucrado en las pruebas de polystrech .....	118
Tabla 36: Cuantificación del consumo de energía utilizada para las pruebas en las máquinas envolventoras .....	119
Tabla 37: Ahorros generados por la reducción de factores de termoencogible en las producciones del último cuatrimestre del año 2011 .....	120
Tabla 38: Ahorros generados por la reducción de factores de termoencogible para las producciones del año 2012.....	121
Tabla 39: Ahorros generados por la reducción de factores de polystrech en las producciones del último cuatrimestre del año 2011.....	122
Tabla 40: Ahorros generados por la reducción de factores de polystrech para las producciones del año 2012 .....	123
Tabla 41: Flujo de efectivo neto del proyecto .....	125
Tabla 42: Tabla que concluye los nuevos factores de termoencogible para ciertas presentaciones y su estado.....	133
Tabla 43: Tabla que concluye los nuevos factores de polystrech para algunas presentaciones y su estado.....	134
Tabla 44: Estudio de tiempos para el proceso de embalado en la presentación 3 litros PET .....	135
Tabla 45: Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 10.5 onzas, lata.....	136
Tabla 46: Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 12 onzas, lata.....	137
Tabla 47: Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 12 onzas, PET .....	138
Tabla 48: Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 750 ml PET .....	139
Tabla 49: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 2.5 litros PET .....	140

Tabla 50: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 3 litros PET .....	141
Tabla 51: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 10.5 onzas lata .....	142
Tabla 52: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 12 onzas lata .....	143
Tabla 53: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 12 onzas PET .....	144
Tabla 54: Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 600 ml PET .....	145

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Molécula de polietileno.....	6
Ilustración 2: Representación gráfica de una molécula de polietileno ramificado.....	7
Ilustración 3: Molécula de polietileno de alta densidad. ....	8
Ilustración 4: Tarima de bebida no carbonatada correctamente formada.....	19
Ilustración 5: Tarima de bebida no carbonatada deformada en almacenamiento. ....	20
Ilustración 6: Histograma que muestra el aumento de desecho total de polietileno entre los años 2,000 y 2,001. ....	24
Ilustración 7: Parte inferior de un paquete de bebida carbonatada, señalándose el traslape. ....	32
Ilustración 8: Representación de la ventana lateral en un paquete de bebida carbonata.....	33
Ilustración 9: Representación de un paquete bien formado. ....	33
Ilustración 10: La flecha indica zonas del rollo que presentan daños por problemas de fabricación.. ....	49
Ilustración 11: La flecha indica un golpe que tiene el rollo, generalmente asociado con la manipulación del mismo. ....	50
Ilustración 12: Ejemplo de sobrante de material en las ventanas laterales en dos sabores distintos de la presentación 3 litros carbonatada. ....	52
Ilustración 13: Muestra de dos presentaciones distintas, 2.5 y 3 litros carbonatadas respectivamente. ....	52

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: DOP para el proceso de embotellado en lata. ....	37
Diagrama 2: Diagrama de flujo de la distribución del proceso de embotellado en lata .....	38
Diagrama 3: Diagrama de flujo de proceso de embotellado en lata. ....	39
Diagrama 4: DOP para la presentación 12 onzas lata, correspondiente a la situación actual.....	84
Diagrama 5: DOP para la presentación 12 onzas lata, situación propuesta.....	86
Diagrama 6: DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación actual.....	88
Diagrama 7: DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación propuesta.....	90
Diagrama 8: DOP para la presentación 3 litros PET, correspondiente a la situación actual.....	92
Diagrama 9: DOP para la presentación 3 litros PET, situación propuesta. ....	94
Diagrama 10: DOP para la presentación 2.5 litros PET, correspondiente a la situación actual. ....	96
Diagrama 11: DOP para la presentación 2.5 litros PET, correspondiente a la Situación propuesta. ....	98
Diagrama 12: DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación actual.....	100
Diagrama 13: DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación propuesta.....	102
Diagrama 14: DOP para la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación actual.....	104
Diagrama 15: DOP para la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación propuesta.....	106

Diagrama 16: DOP para a la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación actual. ....	108
Diagrama 17: DOP para la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación propuesta. ....	110

## RESUMEN

Este trabajo se trata de una propuesta de mejora en el empaque con dos plásticos, el termoencogible y el polystrech, que son insumos en varias líneas de producción de una embotelladora de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. El trabajo hecho con ambos materiales pretende presentar nuevas medidas para reducir el consumo de dichos insumos. Las nuevas medidas se presentarán como nuevos factores que sustituirán a los actuales y generarán el ahorro que fue proyectado a partir del primer día del mes de septiembre de 2011 y todo el año 2012.

El termoencogible es, como hace referencia su nombre, una película de polietileno capaz de retraerse térmicamente y es empleado para el multipackaging, es decir, para el empaque de varias unidades de bebidas. Por su parte, el polystrech es otra película plástica que tiene la capacidad de estirarse hasta un 300% de su estado original; éste es utilizado para envolver las tarimas, darles estabilidad y proteger el producto contra riesgos mecánicos y ambientales principalmente.

Para poder encontrar los nuevos factores de consumo se hicieron pruebas directamente en las líneas de producción (en las presentaciones en donde se encontró área de oportunidad) para poder comprobar la funcionalidad de las propuestas.

La conclusión de este trabajo consiste en la propuesta de nuevos factores de consumo para ciertas presentaciones de bebidas, tomando en cuenta ambos materiales; de forma global se presentan ahorros de 9.5% y 8.6% en el termoencogible y polystrech respectivamente para los 16 meses que proyecta la propuesta

## I. INTRODUCCIÓN

El empaque y embalaje de mercancías es una costumbre muy antigua, preservada simplemente por el hecho de ser de utilidad para la mayoría de todos nosotros. Una de las funciones principales de ambas operaciones es mantener los productos protegidos de influencias externas, tales como contacto con agentes corrosivos, riesgos mecánicos como choques y golpes, radiación solar, humedad, entre otros muchos. En la actualidad son muchas las ramas del comercio que se dedican a producir este tipo de materiales y aprovechan cada vez más las nuevas tecnologías para que este empaque adopte características más allá de su función de protección, entre ellas logotipos que ayudan a vender al producto y ventajas respecto a la forma de distribución y racionalización. Esto hace que el empaque y embalaje sean apropiados para agrupar productos en unidades mayores, como en las tarimas, y que finalmente sean adecuados para el transporte, distribución y consumo.

Es importante tener en cuenta el costo en los métodos de producción porque debe decidirse qué material es apto para trabajar con la maquinaria existente; hay que considerar también la forma que se desea adopte el producto final sin perder de vista la funcionalidad.

Todos estos factores han sido tomados en cuenta para poder proponer a la Embotelladora en donde se realizó el presente análisis, nuevos factores de consumo para los plásticos que empaquetan las cajas y embalan las tarimas de bebidas. Esta iniciativa fue tomada en base al enfoque de reducción de costos de la empresa en su área de producción porque, como se sabe, es una de las formas de ayudar a mejorar la ventaja competitiva de la misma.

En el desarrollo de este trabajo se muestra, secuencialmente:

- Una breve orientación al lector de qué es el polietileno y las tres densidades más comunes de producción, junto con sus aplicaciones,
- Un enfoque en los plásticos termoencogible y polystrech, en donde se especifican

detalles como fabricación, tendencias actuales y su aplicación en la embotelladora.

- Una introducción a cómo y dónde se utilizan ambos materiales en la empresa.
- La identificación de áreas de oportunidad para reducir el consumo de ambos materiales, seguido por las pruebas realizadas en las líneas de producción para comprobar la funcionalidad de esas reducciones.
- Los resultados de dichas pruebas, presentados como nuevos factores de consumo para ambos insumos.
- Un análisis financiero del ahorro generado por esta propuesta, desde el mes de septiembre de 2011 y el año 2012 (máximo horizonte escogido especialmente por la fluctuación del precio por kilogramo de ambos materiales).
- Las secciones de conclusiones y recomendaciones del presente.
- En anexos, un estudio de tiempos que verifica que, con la presente propuesta no se modifican los tiempos de operación en las líneas de producción involucradas en este trabajo.

## II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la embotelladora en donde se realizó este análisis no cuenta con ninguna documentación que especifique las razones del establecimiento de las dimensiones y características de los plásticos tanto para el polystrech como para el termoencogible, aunque sí hay personas involucradas con estas decisiones y se les puede tomar de referencia. Elaborar una documentación de este tipo sería de utilidad para la empresa, a modo de referencia para futuros cambios o problemas que se susciten.

La principal motivación para realizar este trabajo es el ahorro de costos con base en la reducción del consumo de ambos materiales. Este proyecto responde al enfoque de reducción de costos de la embotelladora y de esta forma se ayuda a mejorar la ventaja competitiva de la empresa.

### III. OBJETIVOS

#### A. Generales:

1. Analizar las variables que intervienen en el diseño y el proceso de envoltimiento de ciertos productos utilizando los plásticos termoencogible y polystrech con el fin de plantear una propuesta de mejora respecto al consumo de ambos.

#### B. Específicos:

1. Determinar la situación actual de la embotelladora respecto al consumo de ambos materiales, por línea de producción e identificar áreas de oportunidad de mejora en el rendimiento de los mismos.
2. Reducir el consumo de polystrech, tanto de bebidas carbonatadas como no carbonatadas, mediante la disminución del 4% en peso de las cajas de bebidas.
3. Disminuir el consumo del plástico termoencogible mediante la reducción de dimensiones y micraje del mismo.
4. Evaluar opciones de polystrech con mejor rendimiento a través de nuevos proveedores, para apoyar la reducción de costos y de consumo de material.
5. Proponer nuevos parámetros en base a la propuesta que cumplan los requerimientos del Departamento de Aseguramiento de Calidad.
6. Comparar el consumo de polystrech y termoencogible actual con el de la propuesta presentada.
7. Hacer un análisis económico del ahorro conseguido con dicha propuesta.

## IV. ALCANCE

El alcance de este trabajo comprende la evaluación del empaque actual (termoencogible y polystrech) para detectar posibles oportunidades de mejora, establecer propuestas y probarlas directamente en las líneas de producción para que sean aceptadas o rechazadas.

Dentro de las asignaciones de este proyecto, la empresa estableció que no es posible modificar los tiempos del proceso; los cambios tenían que ser dirigidos únicamente a los dos insumos principales de embalaje ya mencionados para reducir el consumo de ambos.

Se considerará únicamente el proceso de empaque, descartando toda la preparación previa de las botellas y de la línea de producción. Las únicas condiciones que se tomarán en cuenta son las consideraciones para el posterior manejo de las cajas, en el caso del termoencogible y de las tarimas, en el caso del polystrech.

Un elemento importante a tomar en cuenta es que la propuesta presentada contempla la forma actual de almacenamiento y transporte de la empresa, por lo que las reducciones en el consumo se orientaron para no afectar el proceso de logística, tanto interna, como externa de la empresa.

La información incluida en este trabajo fue autorizada por directivos de la embotelladora y, aunque sugirieron revelar la menor cantidad de información confidencial, se han incluido aquellos datos indispensables para poder comprender el estudio y análisis que se ha realizado. Por recomendación expresa de las autoridades de la embotelladora no se revela el nombre de la empresa.

## V. MARCO TEÓRICO

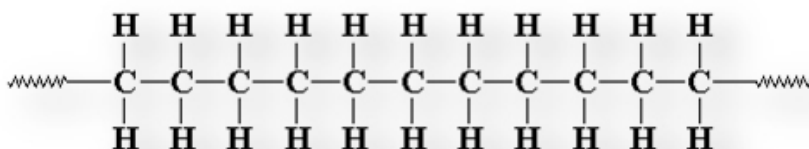
### A. Polietileno

El polietileno es un polímero de adición, es decir, que se fabrica agregando unidades de monómeros, en este caso de etileno ( $H_2C = CH_2$ ). Éste es uno de los líderes en producción entre los de su clase y se deriva del petróleo. Actualmente es uno de los cinco productos químicos más producidos en Estados Unidos, ya que a partir de éste surgen bolsas de almacén, frascos de shampoo, juguetes y hasta materiales a prueba de balas. La estructura química tan simple de este polímero (de hecho, la más sencilla de todos los polímeros comerciales) hace que sea un material muy versátil y con grandes aplicaciones industriales, tal y como se ejemplifica anteriormente.

La molécula polietilénica se compone de una larga cadena de átomos de carbono con dos átomos de hidrógeno unidos a cada uno de los anteriores.

**Ilustración 1:**

Molécula de polietileno



Algunas variaciones en esta cadena hacen que el polietileno se clasifique en dos tipos: de alta y baja densidad. En este último, algunos átomos de carbono, en lugar de tener hidrógenos unidos a ellos, tienen asociadas largas cadenas de polietileno. También recibe el nombre de polietileno ramificado. En el caso del de alta densidad, o lineal, en el cual no hay ramificaciones, éste es mucho más fuerte y resistente, pero es más caro y difícil de hacer. A continuación se detallan ambos tipos.

**1. Polietileno de baja densidad (LDPE, o low density polyethylene).** Fue inicialmente producido en Inglaterra, al final de la década de los treinta mediante reactores autoclave bajo condiciones presurizadas que alcanzaban los 100 MPa o 14,500 psi y una temperatura de 300 grados centígrados. Posteriormente el proceso se simplificó para poder operar en condiciones de 100 a 300 psi (0.7 a 2 MPa) y 100 grados Centígrados.

Se trata de un material económico, ya que su costo de fabricación es bajo. Tiene gran aceptación industrial, ya que puede moldearse a casi cualquier forma, extruirse para hacer fibras o incluso para hacer películas delgadas. Su baja densidad le hace ser un material bastante ligero, ideal para recubrimientos, tales como aislantes eléctricos. Es, además, traslúcido, incoloro, sólido y bastante flexible. Resiste al agua hasta aproximadamente 100 °C.

**Ilustración 2:** Representación gráfica de una molécula de polietileno ramificado.



A molecule of branched polyethylene, or LDPE

Algunas características especiales:

- *No es tóxico*
- *Flexible*
- *Ligero*
- *Inerte (al contenido)*
- *Transparente*
- *Impermeable*
- *Baja estabilidad dimensional, aunque de procesamiento sencillo*
- *Bajo costo<sup>1</sup>*

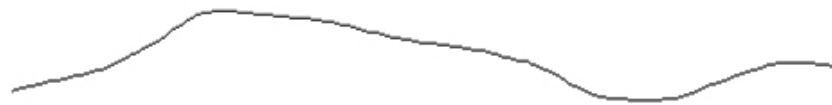
<sup>1</sup> Diccionario Construpedia. Sin fecha. *Polietileno de baja densidad*.  
Web: [http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno\\_de\\_Baja\\_Densidad](http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno_de_Baja_Densidad)

**2. Polietileno de alta densidad (HDPE, o *high density polyethylene*).** Su producción inició en 1956 mediante los procesos de Philips y Ziegler (este último premio Nobel de química, 1963) utilizando catalizadores especiales modernos. Utiliza temperaturas entre el rango de 100 a 150°C y presiones de 290 a 580 psi (2 a 4 MPa).

Su característica principal de alta densidad radica en el hecho de poseer pocas ramificaciones, por lo que tiene una alta resistencia a la tensión, compresión y a la tracción. Otra cualidad importante son las elevadas fuerzas intermoleculares, comparadas con otros plásticos de su clase, lo que hace que sea menos dúctil que el anterior. Además, no es atacado por ácidos, a diferencia del de baja densidad.

El hecho de tener alta densidad se refiere a un aproximado de 0.941 g / cm<sup>3</sup>.

**Ilustración 3:** Molécula de polietileno de alta densidad.



A molecule of linear polyethylene, or HDPE

Cualidades especiales:

- *No es tóxico*
- *Resistente a las bajas temperaturas;*
- *Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción;*
- *Baja densidad en comparación con metales u otros materiales;*
- *Impermeable;*
- *Inerte (al contenido),*
- *Baja reactividad;*
- *Baja estabilidad dimensional.* <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Diccionario Construpedia. Sin fecha. *Polietileno de baja densidad*.  
Web: [http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno\\_de\\_Baja\\_Densidad](http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno_de_Baja_Densidad)

Este plástico, bastante más rígido y resistente que el de baja densidad, se usa generalmente para envases de detergentes y productos químicos (ya que no es atacado por ácidos), juguetes, prótesis femorales, cascos, rodilleras, coderas, empaques automotrices, tarimas plásticas, entre otros.

**3. Polietileno lineal de baja densidad (PLBD).** La producción de polietileno de baja densidad cambió; en 1976 se desarrolló un nuevo proceso simplificado para la producción de polietileno, el cual era a más baja presión (de 100 a 300 psi) y 100°C. El resultante de dicho proceso es un polietileno lineal de baja densidad.

El hecho que sea de baja densidad indica que es un plástico con ramificaciones, lo que hace que sea menos resistente.

La utilidad de este nuevo proceso radica en que permite que el polietileno contenga solamente pequeñas ramificaciones laterales, cortas e inclinadas, no comparadas con las ramificaciones de un polietileno de baja densidad tradicional.

Es decir, el PLBD adquiere la linealidad típica de un polietileno de alta densidad a partir de la reducción en las ramificaciones utilizando un proceso relativamente más económico.

Entre las características operativas de este polietileno se encuentran:

- Mayor resistencia a la tensión que el polietileno de baja densidad.
- Mayor resistencia al impacto puntual.
- Alta flexibilidad, se estira (en vez de romperse) cuando está sometido a tensiones.
- Puede usarse para hacer películas plásticas más delgadas con mayor porcentaje de estiramiento.

- Tiene una mejor resistencia, comparada con el polietileno de baja densidad, a agentes químicos y a la radiación ultravioleta.
- Su procesamiento es más complicado que el de baja densidad, y por lo tanto, más costoso.

A continuación, a modo de resumen y especificación técnica, se presenta una tabla con propiedades generales del polietileno lineal de baja densidad:

**Tabla 1:** Características físicas y mecánicas del polietileno lineal de baja densidad.<sup>3</sup>

Property	Value
Density	0.92 g/cm <sup>3</sup>
Surface hardness	SD48
Tensile strength	20 MPa
Flexural modulus	0.35 GPa
Notched izod	1.06 + kJ/m
Linear expansion	20×10 <sup>-5</sup> /°c
Elongation at break	500%
Strain at yield	20%
Max. operating temp.	50 °c
Water absorption	0.01%
Oxygen index	17%
Flammability UL94	HB
Volume resistivity	10 <sup>16</sup> Ω ·cm
Dielectric strength	25 MV/m
Dissipation factor 1kHz	909090
Dielectric constant 1kHz	2.3
HDT@ 0.45 MPa	45 °c
HDT@ 1.80 MPa	37 °c
Material drying	NA
Melting Temp. Range	120 to 160 °c
Mould Shrinkage	3%
Mould temp. range	20 to 60 °c

<sup>3</sup> Wikipedia. *Linear low density polyethylene*. Web: [http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_low-density\\_polyethylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_low-density_polyethylene)

**4. Comparación de las densidades del polietileno.** Anteriormente se describió con detalle las tres densidades más útiles para el uso del polietileno como plástico de empaque. A continuación se presenta una tabla que compara las características más importantes del polietileno al ser considerado como un plástico para embalaje respecto a tres densidades (alta, media y baja).

El stretch film utilizado en la actualidad en las industrias con fines de embalaje, como el caso del mismo utilizado en la embotelladora mencionada en este trabajo, es un polietileno lineal de baja densidad, igual que el termoencogible; líneas atrás se mencionó que era una combinación de una baja densidad combinado con la resistencia que ofrecen los plásticos de altas densidades.

A partir de la tabla mostrada más abajo se concluye que el polietileno lineal de baja densidad (suma de las características de los polietilenos de alta y baja densidad) es la opción correcta en cuanto a resistencias físicas y mecánicas, lo cual se traduce a una película estirable de buen rendimiento para el usuario. <sup>4</sup>

**Tabla 2:** Comparación de las características del polietileno en relación a su densidad.

Característica	Densidad		
	Baja (0.915 - 0.918g/cm <sup>3</sup> )	Media (0.924 g/cm <sup>3</sup> )	Alta (0.929 - 0.939 g/cm <sup>3</sup> )
Resistencia al estiramiento			máxima
Resistencia a la tracción	máxima		
Elogación en rotura	máxima		
Rigidez			máxima
Resistencia a la contracción	máxima		
Resistencia a la deformación	máxima		
Resistencia al impacto	máxima		
Resistencia a la desgarradura		máxima	
Resistencia a la fragilidad a bajas temperaturas	máxima		
Impermeabilidad a gases y líquidos			máxima
Resistencia a la absorción de gases y aceites			máxima
Transparencia			máxima
Brillo			máxima

<sup>4</sup> Sin autor. 2005. *Relación entre la estructura y propiedades del polietileno*. Textoscintificos.com. Web: <http://www.textoscintificos.com/polimeros/polietileno/relacion>

## VI. ENFOQUE EN LOS PLÁSTICOS: POLYSTRECH Y TERMOENCOGIBLE

### A. Polystrech

El polystrech, también llamado stretch film, film estirable o simplemente film, es un polietileno lineal de baja densidad, flexible y transparente utilizado para el embalaje de *pallets* y su aseguramiento para el almacenamiento y transporte. Además, es una protección extra al producto embalado contra agentes atmosféricos como polvo y otros elementos corrosivos, como ácidos y grasas.

La presentación de este material es en bobinas transparentes y generalmente se consideran estos aspectos:

- Micraje del material (o calibre), el cual varía desde las 12 hasta las 50 micras. Mientras más delgado sea el material, mayor será su costo de fabricación.
- Ancho de la bobina o del rollo, como se le tratará de aquí en adelante, se encuentra alrededor de los 500 milímetros. Esta medida es un estándar internacional.
- El peso del rollo es variable según las condiciones de uso. Más adelante se mencionarán las dos presentaciones industriales del polystrech (una para máquinas automáticas y otra para aplicación manual). Estos rollos consisten en un tubo de cartón, llamado también *core*, a partir del cual se enrolla el plástico y la bobina en sí de material. El peso de dichos rollos generalmente se considera neto, es decir, tomando solamente el peso del plástico en el rollo, descontando el peso del tubo de cartón, o *core*.
- La calidad de este film estirable varía directamente con la materia prima que se usa durante el proceso de fabricación. Para ello, el catalizador de la reacción de polimerización (es decir, las sustancias, en este caso, polímeros de adición, que inducen, propician y aceleran la reacción química

que permite la unión de moléculas poliméricas) debe ser el adecuado para lograr las características deseadas, sobre todo aquellas de resistencia tanto física como mecánica. Es en este punto donde se pueden variar dichas cualidades del material dependiendo el fin que se le quiera dar.

**1. Producción.** Para la fabricación del polystrech se emplean extrusoras por soplado o de capa plana que pueden tener desde tres hasta cinco capas para aprovechar al máximo las características de cada polímero. Este último método de extrusión da una producción más alta respecto a la primera, que necesita de unas materias primas de primera calidad y, por lo tanto, el producto final es más costoso.<sup>5</sup>

**a. Aditivos.** Durante el proceso existen aditivos especiales que son agregados para conferir al producto final propiedades específicas o superiores, entre ellas, colorantes para productos agrícolas, tratamientos anti UV para productos que sufren por la radiación del sol, aditivos específicos para alargar las prestaciones de adhesividad en casos en los que los palets envueltos quedan expuestos mucho tiempo a la intemperie, etc.

Un aditivo específico es el cling, sustancia análoga al pegamento; puede estar presente en ambas caras de la película, en una o en ninguna, dependiendo del uso del material. Algunas funciones principales son:

- Prevenir que las palets o tarimas embaladas con polystrech se peguen unas con otras, en caso de haber contacto entre ellas.
- En el lado de la película que contenga esta sustancia, permitir la adherencia entre capas de polystrech en la tarima.
- Reducir el sonido de desenbobinamiento durante el proceso de aplicación del polystrech.

---

5 Sin autor. 2008. *Film estirable*. ABC pack. Web: [http://www.abc-pack.com/product\\_info.php/cPath/1\\_7/products\\_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb](http://www.abc-pack.com/product_info.php/cPath/1_7/products_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb)

Actualmente se ha desarrollado un tipo de película estirable sin precedentes cuya película tiene macro perforaciones que permiten que el producto embalado pueda transpirar.

## **2. Formas de aplicación:**

**a. Manual.** Los rollos de polystrech destinados a aplicación manual tienen las siguientes características:

- Micraje no mayor a las 17 micras.
- El peso del rollo es manejable y cómodo para facilitar su manipulación durante la aplicación de plástico alrededor de la tarima.
- El ancho del rollo es de 500 mm.

Esta aplicación manual consiste en que una persona toma el rollo de polystrech y embala la tarima completamente. Esto implica que la persona tiene que circular la tarima y subir o bajar el rollo, conforme convenga, para cumplir totalmente dicha tarima.

**b. Semiautomático.** En este caso, la tarima se coloca sobre una superficie giratoria y, con la ayuda de un operador estacionario, se hace rotar dicha superficie y éste se encarga de atar, subir y bajar el plástico y finalmente cortarlo al terminar el embalaje.

**c. Automático.** La intervención del operador es casi nula; únicamente se encarga de cambiar los rollos de polystrech del interior de la máquina y ajustar los parámetros de la máquina. En este caso:

- El estiraje del plástico lo controla la máquina, por lo cual se consigue un mejor rendimiento por rollo.
- Se pueden trabajar con factores estándar por tarima, como es el caso del peso y número de vueltas. Esto es útil para controlar el rendimiento y el consumo por línea o por operación. Esto no puede ser del todo posible en

el caso de aplicación manual o semiautomática porque el embalaje no es el mismo en cada caso, ya que depende de una persona dicha aplicación de material.

**3. Venta y consumo.** Cada rollo es transportado individualmente en una caja de cartón, que le cubre de cualquier daño que pueda sufrir durante el transporte. Cada caja tiene información del rollo que contiene, especificando el micraje, peso neto, ancho del rollo y largo total de la película embobinada. La venta es por kilo de material; dicho peso es neto, es decir, descontando el *core*.

**4. Tendencias actuales.** Como se ha visto, el polietileno lineal de baja densidad tiene propiedades técnicas excepcionales que lo convierten en un plástico atractivo en casi todos los mercados de polietileno, concentrándose especialmente en aquellos involucrados en la producción de películas estirables.

Después del receso industrial en 2009, cuando la producción de polystrech cayó alrededor del 30% y representó pérdidas de hasta \$24 billones, se espera que la región del pacífico asiático incremente su consumo alrededor del 50% en los próximos años, siendo las industrias chinas una buena parte de los demandantes de este polietileno; para el 2012, se espera que este gigante asiático consuma alrededor de 2.7 millones de toneladas. Respecto al Oriente Medio, otra potencia industrial en crecimiento, se espera que la producción del PLBD (polietileno lineal de baja densidad) aumente en un 9% aproximadamente.

En relación a las regiones europeas (donde la producción se concentra en Italia, produciendo alrededor de 200,000 toneladas métricas al año) y norteamericanas (concentradas en Estados Unidos), no se espera ningún repunte significativo de producciones de este material hasta 2016. En el caso europeo, cada país de ese continente tiene por lo menos un productor de film estirable.<sup>6</sup>

**5. Aplicaciones en la Embotelladora.** En el caso de la empresa en donde se realizó este estudio, la operación de embalado con polystrech tiene las siguientes aplicaciones:

- Consiste en la preparación de productos para su posterior almacenaje, transporte y distribución de las tarimas de bebidas carbonatadas y no carbonatadas.
- Colabora con el transporte y la recepción de tarimas en correctas condiciones.
- Representa una función tecno-económica orientada a minimizar costes de suministro y a maximizar las ventas.

Como se observa en los puntos anteriores, el polystrech tiene un aspecto económico relacionado con los beneficios que aporta a la embotelladora para lograr cumplir con la función empresarial de manufactura y venta a través del aseguramiento de las tarimas y su relación con el sistema de distribución.

Una de las importancias de esta actividad en la línea de producción consiste en proteger al producto agrupado en tarimas para tratar o evitar:

---

6 Ceresana Research. 2011. *Market study: LLDPE*. Alemania. web: / <http://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/polyethylene-lldpe/>

**Tabla 3:** Riesgos mecánicos durante la distribución.

Riesgos mecánicos durante la distribución		
	Riesgos	Circunstancias típicas
Impacto	Vertical	Caída del envase durante carga o descarga en contenedores.
	Horizontal	Paradas o arranques bruscos en el medio de transporte, impactos en la pared por balanceos.
	Estático	Soporte de carga durante el estibamiento de tarimas, protección contra agentes corrosivos y la intemperie en general.
	Vibración	Vibraciones en los vehículos (medios de transporte).
Compresión		Resistencia de compresión en el estibamiento durante en el almacenamiento y transporte.
		Por la carga realizada durante el transporte en vehículos.
	Aplastamiento o deformación	Soporte desigual de cargas debido a suelos en mal estado.
	Desgarre o perforación.	Debido a esquinas, partes salientes en el almacenamiento o transporte o por método equivocado de manipulación.

**Tabla 4:** Riesgos climáticos durante la distribución.

Riesgos climáticos durante la distribución	
Riesgo	Circunstancias típicas
Temperatura elevada	Exposición directa al sol
	Proximidad a calderas
	Alta temperatura ambiental
Baja temperatura	Almacenaje en climas fríos
	Almacenaje refrigerado
Luz	Luz artificial
	Exposición a UV
Agua líquida	Lluvia durante tránsito, descarga y almacenaje
	Charcos de agua
	Aguas residuales en zonas industriales
Suciedad	Viento con partículas de arena o polvo
Vapor de agua	Humedad

**Tabla 5:** Otros riesgos durante la distribución.

Otros riesgos durante la distribución		
Riesgo básico	Circunstancias típicas	
Biológicos	Roedores	Presentes en zonas de almacenaje, pueden dañar el producto al morderlo.
Contaminación	Por productos adyacentes	Traslado de humedad y suciedad entre productos
	Por goteo de envases adyacentes	Contaminación por goteo de otros envases en la tarima, mala apariencia exterior.

**6. Factores considerados para el control del plástico polystrech.** En la Embotelladora donde se realizó el presente estudio se tiene un programa de auditorías con el fin de monitorear el rendimiento, desempeño y la calidad del embalaje con este material, descrito a continuación:

- Rendimiento y desempeño del material. En este punto se analiza el peso del polystrech por tarima y a partir de este dato se calcula el rendimiento del rollo, es decir, con el peso obtenido se calculará cuántas tarimas podrán embalsarse con el mismo rollo de plástico. Lo anterior es útil para hacer el pronóstico de compra de material y poder abastecer apropiadamente a la línea conforme ésta vaya necesitando este insumo.
- Calidad del embalaje. Consiste en verificar las fuerzas que el polystrech ejerce en la tarima a través de la comparación con estándares previamente establecidos; también se toma en cuenta la calidad propia del plástico y la posición del mismo alrededor de la tarima. Esta verificación, independiente del análisis del rendimiento de tarimas por rollo, se hace para asegurar que la tarima llegará correctamente formada a su lugar de destino y que durante su almacenamiento y transporte el polystrech protegió adecuadamente al producto.

La imagen que se presenta a continuación es un ejemplo de una tarima correctamente formada:

**Ilustración 4:** Tarima de bebida no carbonatada correctamente formada.



Esta otra imagen corresponde a una tarima desbalanceada:

**Ilustración 5:** Tarima de bebida no carbonatada deformada en almacenamiento.



El objetivo de los controles es maximizar el rendimiento del polystrech teniendo en cuenta que se cumpla la función para el cual está diseñado: resguardar el producto durante su almacenamiento y transporte.

A continuación se listan todas las variables que intervienen en el análisis, selección y control del polystrech. La mayoría de éstas están relacionadas entre sí, como se ve a continuación:

1. Fuerzas: Representa la presión que hará el material sobre la tarima. Ésta variará dependiendo del área de la tarima que se quiera analizar.
2. Número de vueltas: Es la cantidad total de vueltas de polystrech que tiene la tarima.
3. Micraje: O también conocido como calibre o espesor, representa el grosor de la película de polystrech.
4. Ancho del lienzo. Este factor depende de la capacidad del fabricante para extruir películas plásticas de determinados anchos.
5. Prestiraje: Es una de las capacidades más importantes de una película estirable. Este factor representa la capacidad de estiramiento que tiene el material, y generalmente se da en porcentaje. A modo de ejemplificar esto, si se tiene un polystrech de máquina (automático) con preestiraje del 500%,

significa que el material se podrá estirar cinco veces más que su estado original, tomando en cuenta que el dicho estado original es el 100%. Este factor es importante también para el ajuste de la máquina en donde se trabajará; si ésta no tiene la capacidad de llevar al plástico a un preestiraje tan alto, es necesario considerar otra opción posiblemente menos costosa para la operación en esa máquina.

6. Peso: Todos los factores anteriores tienen influencia en el peso por tarima, representado por kg / tarima. Este factor es clave, como se mencionó anteriormente, para controlar el rendimiento del material.

La relación entre cada una de las variables anteriores se presenta en función del preestiraje, que es uno de los factores más importantes a considerar en las películas estirables como se describirá a continuación:

- Mayor preestiraje:
  - Se aprovecha más la misma cantidad del material (se estira más, por lo tanto cubre más área). Disminuye el peso por tarima.
  - Este estiramiento provoca más tensión, por lo que generalmente aumentan las fuerzas. Esto se observa en una mayor compresión de las cajas de la tarima.
  - El número de vueltas es el mismo.
- Menor preestiraje:
  - Aumenta el peso.
  - Las fuerzas en la tarima pueden seguir iguales o disminuir ligeramente.
  - El número de vueltas es el mismo.

- Incremento del número de vueltas y preestiraje constante:
  - Las fuerzas aumentarán porque hay más material en la tarima.
  - Aumento del peso al haber más material.
  - Estiramiento (preestiraje) constante.
- Reducción del micraje:
  - Reducción del peso por tarima, al haber menos material en la misma.
  - El material tiene mayor porcentaje de preestiramiento.
  - Fuerzas dependientes del número de vueltas.

La opción ideal de utilización del polystrech es la primera listada anteriormente. En la misma se combinan aspectos de optimización del rendimiento de material con la cantidad necesaria de material para obtener buenas fuerzas en la tarima.

**7. Reciclaje de polystrech.** Las múltiples aplicaciones del polietileno hacen que sea un material cada vez más presente en la vida de todas las personas. Por esto mismo se adoptó la iniciativa de reutilizarlo para reducir el impacto ambiental que éste genera, ya que se trata de un material no biodegradable. El reciclaje del polietileno puede hacerse de las siguientes maneras:

**a. Reciclado mecánico.** Consiste en volver a fundir y hacer productos finales a partir de elementos de desecho. Los bienes fabricados a partir de polietileno reciclado son bolsas, marcos, postes, películas plásticas de baja calidad, madera plástica, entre otros.

**b. Reciclado energético.** El objetivo de este método consiste en utilizar el material de desecho como combustible para producir energía eléctrica y calor. Estos dan un poder energético comparable a los de los combustibles fósiles (es importante recordar que muchos de estos materiales polilénicos son fabricados con gas o derivados del petróleo).

**c. Reciclado químico.** Consiste en desintegrar la composición química de los residuos plásticos para utilizar ciertos compuestos como materias primas. Con esto se consigue optimizar más los recursos naturales.

**d. Rellenos sanitarios.** Es la última opción para los plásticos que por algún motivo no pueden pasar por alguno de los procesos anteriores. Esta opción consiste en enterrar los residuos en rellenos sanitarios, y una de las ventajas es que al ser un material no degradable, no genera líquidos o gases que se puedan emitir al suelo, aire o aguas subterráneas (el polietileno es un material inocuo al medio ambiente), es decir, no genera lixiviados.

El proceso generalmente más utilizado es el mecánico; es por esto que en las campañas de reciclaje generalmente se considera al PET como una categoría de reciclado, ya que posteriormente será prensado y reutilizado para la fabricación de otros bienes de componentes plásticos. En el proceso de fundición del PET reciclado, es importante considerar la pérdida de plasticidad del material fundido, por lo que, durante su reprocesamiento se tiene que agregar polietileno virgen para que dicha falta de plasticidad no perjudica a los equipos de extrusión.

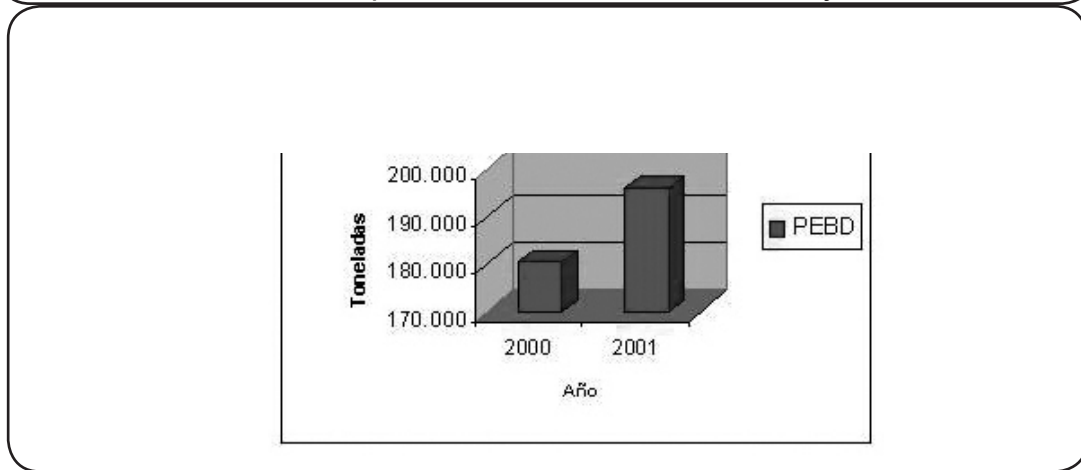
La transformación del polietileno de desecho sirve para tuberías de riego en aplicaciones agroindustriales, fabricación de mobiliario urbano, imitación plástica de madera, entre otros.

La tabla siguiente muestra una comparación de las toneladas producidas de desecho de polietileno en España, en los años 2,000 y 2,001, junto con el porcentaje de reciclaje de dichos desechos. Además, se observa que hubo un aumento del 8.5% de reciclaje por el sistema mecánico, lo cual resulta una cifra bastante significativa y positiva.<sup>7</sup>

**Tabla 6:** Relación entre toneladas de desecho de polietileno y su porcentaje de reciclaje por medio del sistema mecánico.<sup>8</sup>

Año	Toneladas PEBD	%del Total de plásticos
2.000	180.534	67,1
2.001	195.953	63,6

**Ilustración 6:** Histograma que muestra el aumento de desecho total de polietileno entre los años 2,000 y 2,001.



**8. Polystrech reciclado.** Actualmente existen empresas que para reducir sus costos de materias primas, han incorporado líneas de reciclaje de películas estirables de baja densidad lineal, como es el caso del polystrech, para poder usar un porcentaje de material reciclado en sus procesos de fabricación de nuevas películas. El polietileno reciclado pierde su elasticidad y otras propiedades tales como la brillantez, entonces el polystrech reciclado (el cual tiene un porcentaje de materia prima virgen para facilitar su procesamiento durante su fabricación)

7 Fundación para la investigación y el desarrollo ambiental. 2005. *Polietileno de Baja densidad*. Web: <http://www.fida.es:8001/fida/VisNot?id=4d3936aa77926c1f53eca49f2a769e41>

8 IBID

se utiliza principalmente para el paletizado o embalado manual de productos que no requieren demandas técnicas de embalaje sofisticadas, ni que necesitan una transparencia total de la película.<sup>9</sup>

Otras empresas utilizando este producto reciclado señalan que éste es utilizado en procesos donde no se preestira el plástico.

El precio del polystrech reciclado es significativamente inferior que aquel no reciclado.

Según la empresa argentina Poli-Star, estos fueron los resultados de una prueba de laboratorio realizada con el polystrech reciclado de bajo costo:

**Tabla 7:** Resultados de Poli-Star para la prueba de laboratorio con polystrech reciclado de bajo costo.<sup>10</sup>

Descripción	máximo	mínimo	resultado
Estiramiento	300%	200%	243%
Cristalinidad	75%	60%	69%
Adhesividad	100%	75%	90%
Resistencia al punzonado	10	1	7

## B. Termoencogible

Se trata de una película plástica que tiene la propiedad peculiar de fundirse fácilmente al estar sometida a temperaturas elevadas. Su uso se remonta desde la década de 1970, donde inició el desarrollo de las características que hacen que este plástico sea muy versátil, siendo utilizado para el empaque de grandes productos de consumo y aplicaciones funcionales como paquetes, bandejas, entre otros.

Actualmente el termoencogible reemplaza muchas formas anteriores de empaque como cajas de cartón, de vidrio y plástico, además de ser una opción económicamente más factible para el cumplimiento de la función de agrupación, empaque y distribución de productos.

9 Papel Nort Industrials. *Polietileno, film stretch*. Argentina. Web: <http://www.papelnort.com.ar/PNI/pro-poli-FS.htm>

10 IBID.

Además de lo anterior, un empaque con película termoencogible garantiza la adaptación a la forma del producto y su aislamiento para garantizar protección y limpieza; también reduce las pérdidas por robo y aumenta la duración del producto durante su almacenamiento.

**1. Proceso de fabricación.** Para la utilización de estas películas termoretraíbles es un requisito haber estirado y orientado previamente la película durante el proceso de fabricación de la misma. Para ello, se orientan las moléculas para que con la memoria del plástico, luego de haber sido calentado y estirado, éste pueda volver a su estado original.

La fabricación de estas películas de PVC se hace generalmente a través de extrusión por soplado, en donde se emplean ranuras para extruir las materias primas y darle forma a la película. *Se le da orientación a la película termoencogible estirando una lámina de polímero o tubo a una temperatura superior a la de recalentamiento por lo cual las cadenas del polímero se alinean en la dirección de estiramiento. Después de estirar el polímero, se inmoviliza la alineación en la película por el enfriamiento. Cuando subsiguiente se calienta la película orientada a temperaturas próximas a la de estiramiento, los esfuerzos termoencogibles congelados surten efecto y se encoge la película reflejando fatigas y esfuerzos que se relacionan con el grado de orientación y las fuerzas que se aplicaron durante el estiramiento.*<sup>11</sup>

Esta nueva orientación mejora la resistencia tensora, resistencia a los impactos, a la claridad y vuelve el material más transparente.

En el mercado, la cantidad de retracción de las películas termoencogibles varían desde el 20 al 70% de su estado original, aunque la mayoría de productos solo requieren un encogimiento del 30% (por ejemplo, para el empaque de productos varios).

Para lograr este encogimiento, las temperaturas utilizadas en el horno varían desde los 100 a 250 °C, por lo que la utilización de la energía eléctrica es un

---

<sup>11</sup> Revista online del envase, empaque y embalaje. 2002. *Usando películas termoencogibles*.  
Web: <http://www.envapack.com/71/>

factor importante en el costo el proceso. Es importante, para esto, recomendar el uso del mínimo de calor y un tiempo necesario de los paquetes dentro del horno (esto generalmente se regula a través de la velocidad de la banda transportadora) para lograr el encogimiento deseado.

Cuando el paquete ya está formado y encogido, la lámina plástica adquirió la forma del paquete que cubrió. Las tensiones que estas películas termoencogibles dan a los paquetes son igualmente variables que los porcentajes de encogimiento en el mercado; éstas pueden variar desde las 50 lb / pulgada<sup>2</sup> hasta las 300 lb / pulgada<sup>2</sup>.

La tensión de estas películas se calculan en base de la proporción transversal de la película (relacionado con el espesor o micraje); dependiendo del producto que se está empacando es necesario considerar cierta tensión (de 50 a 150 lb/ pulg<sup>2</sup>) dada por películas elásticas y cauchosas, y tensiones superiores del orden de las 200 lb / pulg<sup>2</sup> en aplicaciones donde la película es considerada parte estructural del paquete.

En presentaciones termoencogibles que dan fuerzas superiores a las 300 lb / pulg<sup>2</sup>, se debe tener especial atención no sólo en las características de encogimiento del material en sí (por ejemplo, porcentajes de encogimiento), sino también de las condiciones de dicho encogimiento, como temperatura y tiempo que pasa el paquete o producto envuelto en el horno para evitar el aplastamiento y deformación del paquete. Muchas veces, al utilizar tensiones altas, este daño al producto no se dará inmediatamente para poder ser observable durante el proceso de producción, sino que se notará durante la etapa de almacenamiento, distribución o cuando el producto llegue al cliente, en el peor de los casos.

## **2. Conceptos referentes a películas termoencogibles y su aplicación**

Lienzo: Es una porción de material que sirve para envolver un producto o un grupo de éstos. Dependiendo del producto a envolver se definen tres características de lienzo: ancho, largo y micraje.

Ancho de lienzo: Generalmente esta medida es la misma que la altura del rollo (o de la bobina de material). Dependiendo de la máquina envolvente que utilice, se puede considerar cortar, generalmente en dos mitades los lienzos para evitar utilizar dos rollos por separado.

Largo del lienzo: Consiste en la longitud de la película destinada a envolver el producto.

Micraje: O también conocido como espesor, grueso o calibre. En el caso del presente trabajo esta dimensión estará representada en micras, que corresponde a  $1 \times 10^{-6}$  metros.

Temperatura del horno y velocidad de banda: Como se mencionó anteriormente, estos dos factores son los relacionados con que el material cumpla su función de encogerse y adoptar la forma del paquete que envuelve. Estos factores se relacionan entre sí de la siguiente forma (depende del micraje del plástico):

- Mayor temperatura del horno, mayor velocidad de banda. El plástico puede agujerarse al estar sometido a temperaturas altas y, de ocurrir eso, el material ya no cumple la función de proteger al producto.
- Menor temperatura del horno, menor velocidad de banda. Esto para que el plástico pueda absorber el calor necesario y lograr el encogimiento deseado.

Como se observa, ambos factores son proporcionales; si uno aumenta, el otro igual, y viceversa. La temperatura consume energía eléctrica y la velocidad de la banda transportadora afecta la velocidad de operación de la línea. Lo necesario es una combinación óptima de ambos factores para lograr un buen ritmo de producción a un costo aceptable.

Dirección de máquina: La dirección de la película está orientada al sentido en que ésta se extruyó durante su fabricación. Corresponde al eje longitudinal de la película, mismo que guiará el material para su utilización en el empaque.

Dirección transversal: Corresponde a la dirección normal al sentido de la máquina (90° sobre la superficie).

Encogimiento preferencial: Característica de una película termoencogible en la que ésta encoge más en una dirección, ya sea en la longitudinal o transversal.

**3. Cómo funciona el encogimiento.** Durante la fabricación el polímero es procesado a una temperatura de fusión del material para obtener la forma final llamada “forma permanente”.

Posteriormente, se lleva la película hasta una temperatura de transición, y esto consiste en calentar la muestra a una temperatura en donde el polímero es deformado para alcanzar una forma temporal. A esta técnica se le conoce como programación del sistema.

Seguidamente se hace descender rápidamente la temperatura para fijar el estado molecular anterior, y luego se pasa a la fase final del proceso en la que se recupera la forma permanente, calentado el material hasta la temperatura de transición (en ese punto se observa la recuperación de dicha forma).

Aunque todos los polímeros son sensibles al calor, la termoretracción no es una característica en común de estos materiales. Por esto mismo se aplica la técnica anterior para poder adecuar la película y darle esta característica.

Comparando el proceso de fabricación del termoencogible con su funcionamiento en la vida real, se encuentran grandes similitudes; en primer lugar, luego que el lienzo se posiciona sobre aquello que se quiere empaquetar se traslada a un horno, en donde se aplica una temperatura establecida por el fabricante y dependiendo del nivel de retracción o encogimiento que se quiera tener y luego se enfría. Esta aplicación de calor ayuda a deformar el material para que éste tome la forma del paquete y, posteriormente con el enfriamiento, se logra fijar esa forma.

**4. Multipackaging.** El multipackaging o empaque múltiple es un método y estrategia de empaque que puede ayudar a la aceptación de un nuevo producto por parte de los consumidores y a introducir nuevos productos. Generalmente es un medio para agrupar unidades de un producto para su manipulación, almacenamiento, transporte y facilidad de venta al público.

En el caso de la embotelladora existen varias formas de empaques múltiples: Hi-Cone, paquetes con termoencogible, y cajas de plástico.

**a. Hi-Cone.** Consiste en unos anillos plásticos que se colocan sobre algunas presentaciones de bebidas, generalmente utilizado en las latas para agruparlas en “Six-Pack” o paquetes de seis latas cada uno.

Para su aplicación se necesita de una máquina especial que posicione estos anillos sobre la presentación. Es importante resaltar que existen muchas variedades de formación de paquetes utilizado Hi-cones, sobre todo para acentuar la marca del fabricante del producto, teniendo en cuenta que estos agrupadores plásticos no cubren totalmente el producto. Una de las ventajas de utilización de este material es que el empaque es mínimo (sólo consta de una red de anillos que une el paquete), por lo que el desecho que generará será menor a comparación de otros medios de empaque. Además, como se mencionó líneas atrás, permite que el cliente pueda ver y tocar directamente el producto sin estar empaquetado en el interior de otro embalaje. Otra ventaja es que no cubre el producto, por lo que no se le expone al riesgo de acumulación de humedad en el interior del paquete y propiciando la reproducción de entes biológicos que puedan dañar el producto empacado.

La principal desventaja ante los anteriores beneficios es su elevado costo.

**b. Termoencogible.** El empaque con películas termoencogibles es el más utilizado actualmente por su gran flexibilidad. Muchos productos de consumo, como los juguetes, platos de papel, relojes, alimentos congelados y otros productos alimenticios utilizan material termoencogible para empacar varias unidades.

Esta película termoencogible ha sustituido a bandejas de cartón y despachadores corrugados en bandejas por cuestiones de factibilidad económica.

Por las razones anteriores el empaquetado con película termoencogible es el método preferido para un sinnúmero de productos. La mayoría de las veces, el termoencogible actúa como un empaque secundario, el cual muchas veces llega a adquirir la forma de aquello que está empacando, y de ahí viene la gran flexibilidad de este método. Esto no quiere decir que solamente se utilice en productos con formas geométricas definidas; también se presta en cargas con configuración irregular.

Dentro de sus ventajas se encuentra principalmente la facilidad de aplicación, la facilidad de adquisición de la materia prima, que en este caso se trata de las bobinas de películas termoencogibles (la aplicación de este material está tan generalizado que es relativamente sencillo encontrar proveedores en cualquier región del mundo) y la protección que da al producto que empaca, sirviendo como resguardo contra el polvo y agua.

**5. Aplicaciones en la embotelladora.** La operación centrada en la aplicación del termoencogible a cajas de bebidas carbonatadas y no carbonatadas es de una de las cuatro etapas del producto durante su fabricación en la planta. Junto con el polystrech, el termoencogible el segundo insumo de línea al que se hará referencia en el presente trabajo; en resumen, ambas operaciones son importantes para el proceso de almacenamiento, distribución y venta del producto.

Como se mencionó en la sección anterior, la aplicación de películas termoencogibles como solución para el multiempaque está muy generalizada, y se están sustituyendo otras opciones, como es el caso del hi-cone, por la presente.

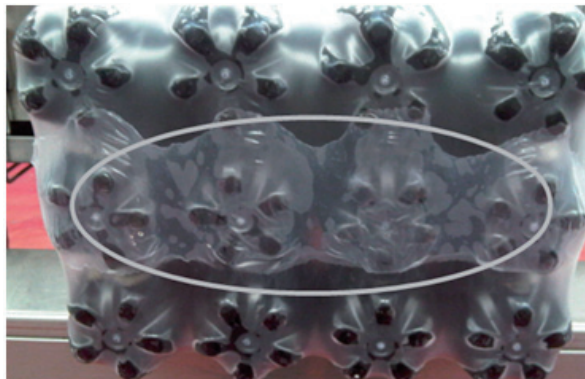
Son varios factores los que se controlan en línea para esta operación, a saber:

- Calibre: Dependiendo de la cantidad de producto que empaque, el paquete será más pesado o menos pesado, por lo que es necesario adecuar el calibre del material para soportar el peso del producto empacado.

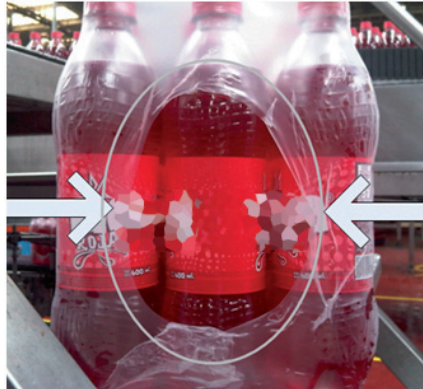
- Ancho del lienzo: Determinará la abertura de las ventanas laterales del paquete. Es importante considerar como parte de la funcionalidad de este material que estas ventanas sirven para que distribuidores del producto y clientes tomen el producto por ahí y así poderlo movilizar, por lo tanto éste tiene que ser lo suficientemente resistente para no romperse.
- Largo del lienzo: Determina el traslape inferior del paquete. Esta medida se programa en la máquina.
- Formación general del paquete: Es un indicador que el material está cumpliendo o no con su función; un paquete mal formado permitirá, en un corto periodo de tiempo, que lo que contiene en su interior pueda salirse o dañarse.

A continuación se presentan unos ejemplos de los términos anteriores:

**Ilustración 7:** Parte inferior de un paquete de bebida carbonatada, señalándose el traslape.



**Ilustración 8:** Representación de la ventana lateral en un paquete de bebida carbonata



**Ilustración 9:** Representación de un paquete bien formado.



Puede observarse la tensión de la película termoencogible luego de adoptar la forma del paquete.

En el caso de la Ilustración 9, las botellas están fijas gracias a la tensión que dio el encogimiento del termoencogible. Las ventanas se muestran lo suficientemente cerradas para impedir que se salgan las botellas a través de éstas.

Existen varias funciones atribuibles a este plástico, sobre todo para tratar o reducir los siguientes riesgos:

**Tabla 8:** Riesgos climáticos durante la distribución.

Riesgos climáticos durante la distribución	
Riesgo	Circunstancias típicas
Temperatura elevada	Exposición directa al sol
	Proximidad a calderas
	Alta temperatura ambiental
Baja temperatura	Almacenaje en climas fríos
	Almacenaje refrigerado
Luz	Luz artificial
	Exposición a UV
Agua líquida	Lluvia durante tránsito, descarga y almacenaje
	Charcos de agua
	Aguas residuales en zonas industriales
Suciedad	Viento con partículas de arena o polvo
Vapor de agua	Humedad

**Tabla 9:** Otros riesgos durante la distribución

Otros riesgos durante la distribución		
Riesgo básico	Circunstancias típicas	
Biológicos	Roedores	Presentes en zonas de almacenaje, pueden dañar el producto al morderlo.
	Por productos adyacentes	Traslado de humedad y suciedad entre productos
Contaminación	Por goteo de envases adyacentes	Contaminación por goteo de otros envases en la tarima, mala apariencia exterior.

## **6. Factores considerados para el análisis, selección y control del termoencogible:**

- Calibre: Es el punto más importante para el control del material. En la Embotelladora se acepta una variación de  $\pm 5\%$  del micraje establecido por el fabricante. Un micraje más alto puede requerir más energía para poderse encoger como es esperado, y eso incrementa el costo de operación. Ya que estas variaciones de micraje se presentan de forma inesperada, el problema más importante sería la falta de tensión en los paquetes debido a poco encogimiento de la película.
- Costo: Disminuir el micraje significa menos peso del material, por lo tanto menos costo, y viceversa. El ancho y el largo del material también influye, pero de manera menos significativa.

## **C. Identificación de las operaciones que involucran a los insumos termoencogible y polystrech en la línea de producción de la embotelladora**

En esta sección se presentan tres de diagramas, el diagrama de flujo de la distribución de la operación de embotellado, el diagrama de flujo del proceso y el diagrama de procesos para el embotellado en lata. La función de estos diagramas consiste en identificar las dos operaciones analizadas en este trabajo que involucran a los plásticos termoencogible y polystrech y relacionar, además de ubicar, dichas operaciones en el proceso productivo.

Es importante recalcar que este proceso productivo es automatizado; la función de los operadores de máquina radica solamente en controlar a la máquina y en resolver problemas relacionados con fallos mecánicos de las anteriores. No existe ninguna operación que sea llevada a cabo artesanalmente ni que un operador tenga contacto directo con el producto que pasa por ésta. Los tres diagramas son ejemplos, es decir, no representan el proceso real de la embotelladora en donde se realizó este análisis.

El diagrama del proceso operativo tiene la intención de mostrar la secuencia cronológica del proceso en estudio, desde la llegada de la materia prima a la línea hasta su transporte a bodega de producto terminado. En el caso de este diagrama, las líneas verticales tienen la función de indicar el flujo general del proceso a medida que se va completando el proceso de manufactura, y las líneas horizontales señalan la entrada de materiales de ensamble que en este caso se traducirían como entradas de insumos de línea, tales como el polystrech y el termoencogible.

Respecto al diagrama de flujo de la distribución de la operación, éste pretende dar una representación gráfica aproximada del flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando flechas a lo largo del diagrama.<sup>12</sup> Las figuras cuadradas representan la operación (y maquinaria) de cada estación de trabajo.

Por último, el diagrama de flujo del proceso registra, además de las operaciones de la línea, otras actividades tales como inspecciones, retrasos, transporte y almacenamiento. El listado de eventos corresponde a todos los componentes de cada operación, y a cada uno de los anteriores se le categoriza por la naturaleza de la misma (actividades indicadas líneas atrás).

---

<sup>12</sup> Niebel, Freivalds. 2009. *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ma. Edición. McGraw Hill. México. Páginas 25-31.

### Diagrama 1: DOP para el proceso de embotellado en lata.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

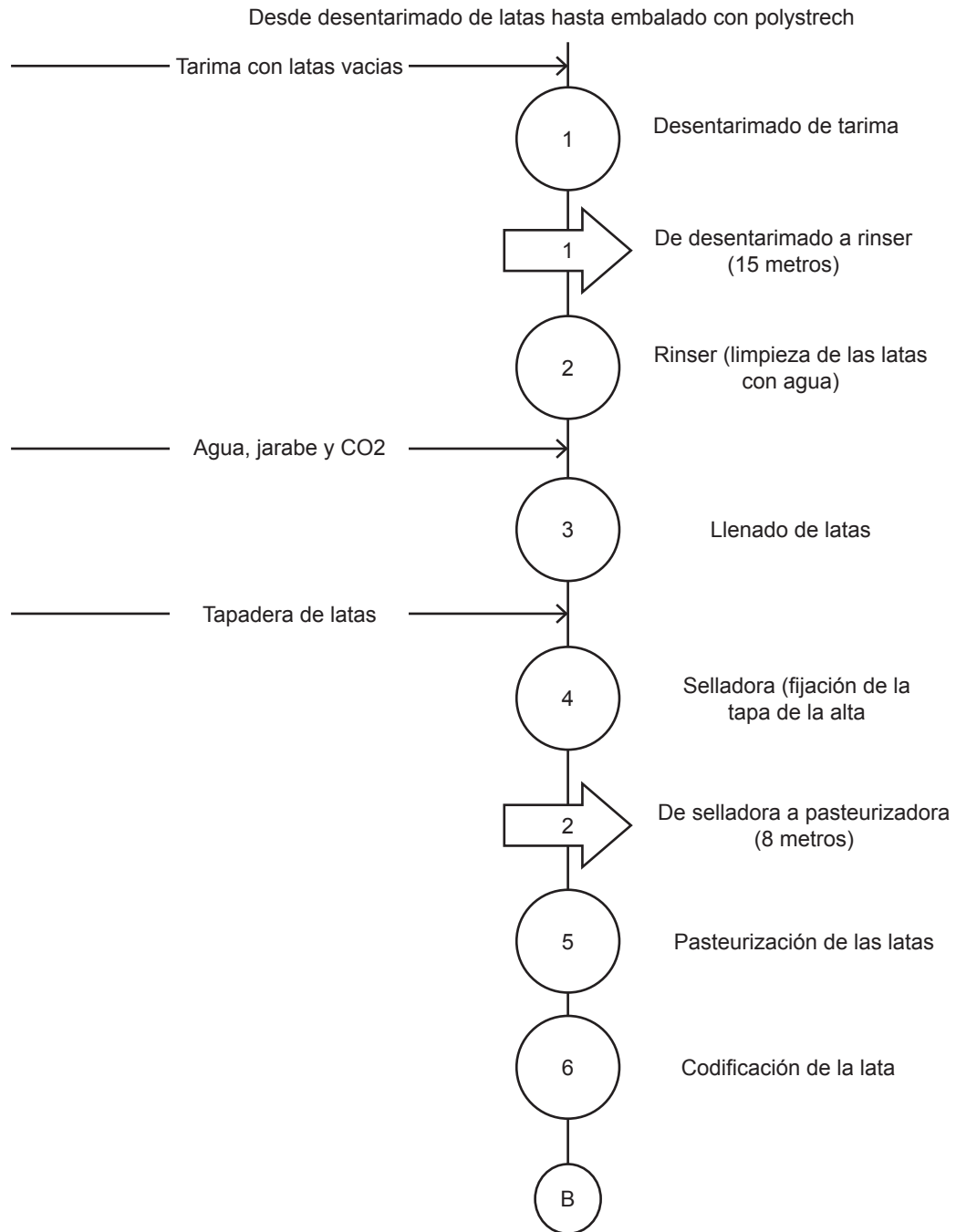
Presentación: 10.5 onzas, lata

Línea de embotellado A.

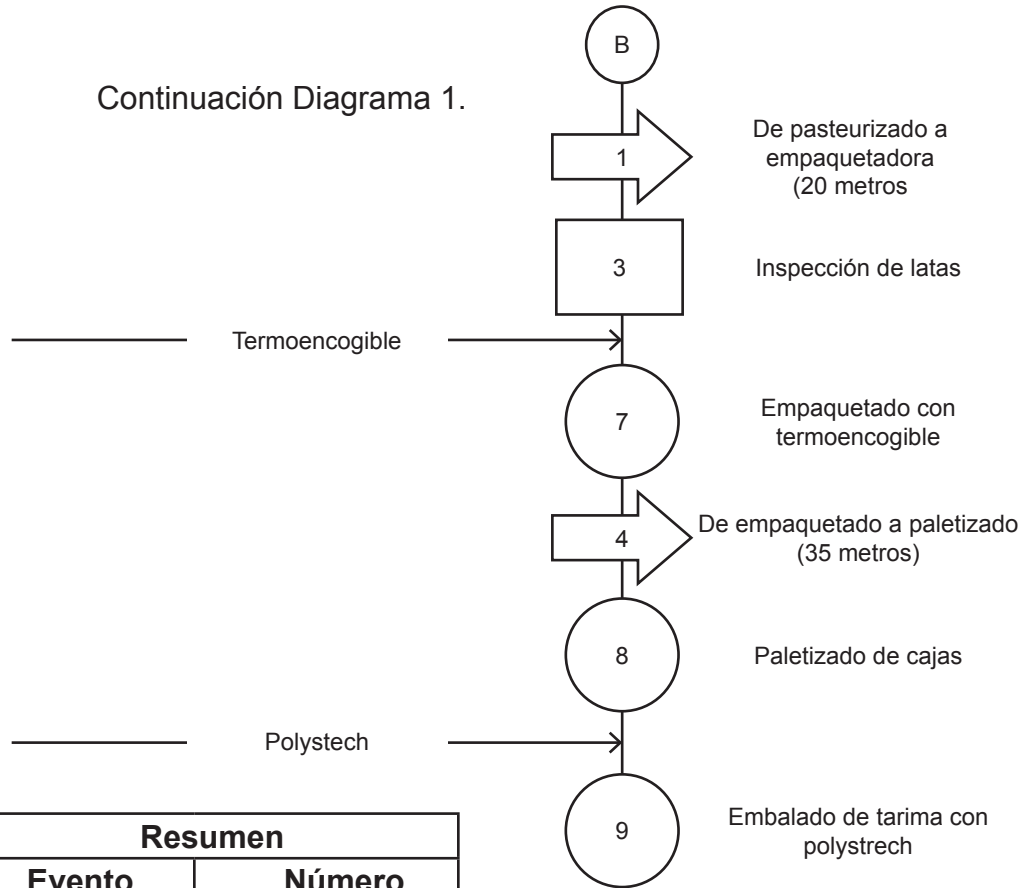
\*Situación propuesta.

Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre 2011

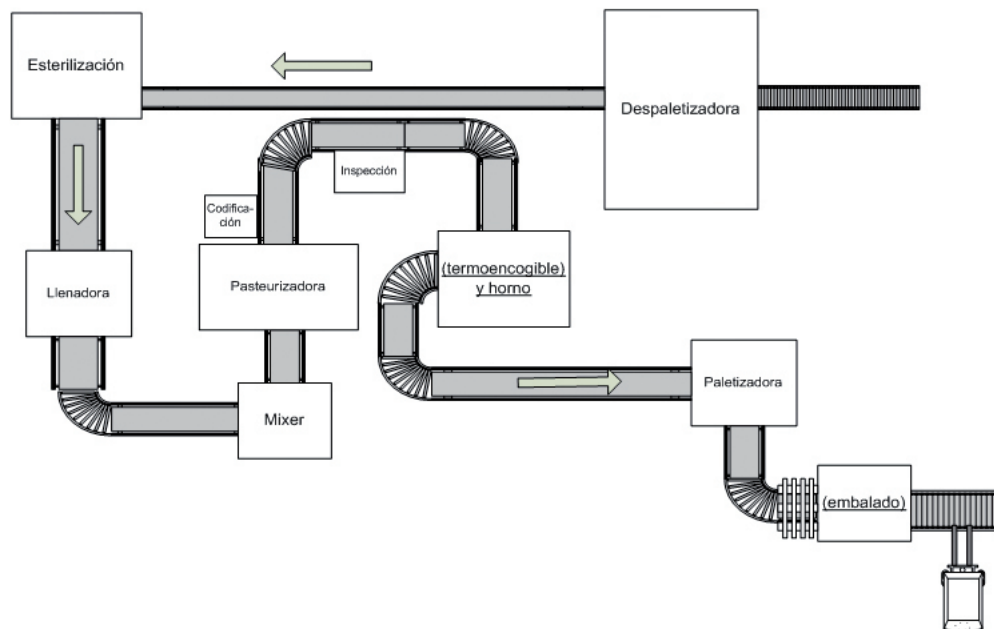


Continuación Diagrama 1.



Resumen	
Evento	Número
Operaciones	9
Transporte	4
Distancia total	78 metros

Diagrama 2: Diagrama de flujo de la distribución del proceso de embotellado en lata



**Diagrama 3:** Diagrama de flujo de proceso de embotellado en lata.

Diagrama de flujo de proceso					
Ubicación:	Línea 1	Evento	Presente		
Actividad:	Proceso de embotellado	Operación	10		
Método:	actual, no real	Transporte	6		
		Retrasos	0		
		Inspección	1		
		Almacenamiento			
Eventos	Operación	Transporte	Retrasos	Inspección	Almacenamiento
Tarimas de latas almacenadas en materia prima	●	➡	⌋	■	▼
Arribo de tarimas de lata a la línea	●	➡	⌋	■	▼
Despaletización de tarimas	●	➡	⌋	■	▼
Transporte hacia esterilización	●	➡	⌋	■	▼
Esterilización	●	➡	⌋	■	▼
Tranporte hacia llenadora	●	➡	⌋	■	▼
Llenado	●	➡	⌋	■	▼
Colocación de la tapa de la lata en la selladora	●	➡	⌋	■	▼
Tranporta hacia el pasteurizador	●	➡	⌋	■	▼
Pasteurización	●	➡	⌋	■	▼
Codificación	●	➡	⌋	■	▼
Inspección	●	➡	⌋	■	▼
Transporte hacia empacadora termo.	●	➡	⌋	■	▼
Multipacking con termoencogible	●	➡	⌋	■	▼
Transporte de paquetes hacia la paletizadora	●	➡	⌋	■	▼
Paletizado de cajas	●	➡	⌋	■	▼
Emblaje con polystrech	●	➡	⌋	■	▼
Transporte hacia bodega de producto terminado	●	➡	⌋	■	▼
Almacenamiento	●	➡	⌋	■	▼

## VII. SITUACIÓN ACTUAL E IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD

### A. Situación actual

La embotelladora tiene un total de seis líneas de producción de las cuales cuatro de ellas utilizan el polystrech y el termoencogible.

- Línea 1: envase de lata.
- Líneas 4, 5 y 8: envase PET.

Las restantes dos corresponden a líneas de envases retornables, tales como vidrio y PRB, que no requieren de los insumos de línea anteriormente mencionados porque se envasan en cajas plásticas y se embalan con polystrech manual.

A continuación se encuentran los factores de consumo de polystrech y termoencogible (presentados en kilogramo / caja) utilizados actualmente por línea de producción y por presentación.

**Tabla 10:** Factores de consumo para termoencogible y polystrech de las presentaciones que se analizarán en este trabajo.

Línea de producción	Presentación	Factor actual termoencogible (kg / caja)	Factor actual polystrech (kg / caja)
1	Lata 12 onzas	0,04200	0,000420
1	Lata 10.5 onzas	0,03205	0,000291
5	2.5 Lt PET	0,04750	
5	3 Lt. PET	0,04216	0,000703
8	12 onzas PET	0,03300	0,000458
8	600 ML Baja carbonatación	0,03694	
8	600 ML Alta carbonatación	0,03748	
8	600 ML Propietaria	0,03798	
8	600 ml Agua Pura	0,03709	
8	600 ml Refresco	0,03670	
8	500 ml jugo	0,03530	
8	750 ml PET		0,007260

## 1. Control para los insumos de línea: Polystrech y termoencogible

**a. Polystrech.** En la Embotelladora se lleva un sistema de auditorías para este insumo, cuyo objetivo consiste en controlar, en primer lugar, el rendimiento del material y monitorear el estado de las tarimas respecto a estabilidad y formación general de la misma. La conclusión que se da respecto a una prueba de las mencionadas es la relación entre los factores de calidad y rendimiento del material, es decir, comparar las fuerzas que tiene la tarima con el peso de polystrech por tarima. Ambos factores están fuertemente relacionados por el número de vueltas de plástico que hay en la tarima y por el preestiraje de material. Algunas de las variables tomadas en cuenta son:

- Código del producto (cada unidad producida tiene su propio código, en el que se indica el año, día, hora y línea de producción).
- Presentación y sabor: Cantidad de producto en el envase (generalmente medido en mililitros, onzas o litros) y el sabor de la bebida, respectivamente.
- Preestiraje (%): Una de las medidas fundamentales del material, corresponde al índice de estiramiento del material a partir de su posición original.
- Fuerzas obtenidas en tres puntos de la tarima.
- Memoria: Corresponde a la voluntad del material de recuperar su estado original luego de ser estirado. Ésta se obtiene midiendo de un extremo al otro del polystrech sobrepuesto en la tarima (luego de ser cortado).
- Peso: Cantidad de polystrech por tarima.
- Vueltas visuales: El total de vueltas de polystrech que lleva la tarima analizada.

- Parámetros de máquina, como frecuencias de preestiraje, entre otras (esto depende de la máquina envolvente, ya que los parámetros para controlar este factor varían).
- Rendimiento: A partir del peso obtenido, cuántas tarimas se podrán embalar con el rollo.

Como se mencionó, cada línea de producción tiene estándares por presentación, por lo tanto es importante recalcar que cada una de las pruebas realizadas debe compararse con dichos estándares para aprobar o no la misma. De no hacerlo, se procede a hablar con el operador de la máquina para reconocer posibles problemas que hayan provocado tener parámetros de funcionamiento diferentes al estándar y, de no haber ninguno, hay que restablecer dichos parámetros a como lo indica el estándar de la presentación.

**b. Termoencogible.** El control correspondiente al termoencogible se hace respecto al micraje de la película de un rollo.

La importancia del control del micraje en una película termoencogible radica en que este factor está directamente relacionado con la energía utilizada en el horno para lograr el encogimiento del material; mientras el calibre sea mayor, la energía necesaria para lograr el encogimiento deseado será mayor, y viceversa.

Existe una fórmula bastante funcional para poder encontrar el micraje:

Relación tradicional entre densidad, masa y volumen:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

El volumen, que representa tres dimensiones, puede descomponerse en área (dos dimensiones) y altura (la dimensión restante):

$$\rho = \frac{m}{A * h}$$

Despeje de la fórmula para obtener la variable h, que representará el espesor o calibre de la película:

$$\rho * A * h = m$$

$$h = \frac{m}{A * \rho}$$

La fórmula final es la anterior; las variables involucradas son:

- Masa: kilogramos por lienzo.
- Área del lienzo, generalmente dada en centímetros cuadrados.
- Densidad del material, dado por el fabricante, expresada, por lo general, en kilogramos por centímetro cúbico.

Durante las pruebas es importante anotar ciertos puntos que dan información de fabricación del material por si hubiera necesidad de hacer algún reclamo al fabricante por incumplimiento de dimensiones u otros temas de calidad.

Al igual que en el caso del polystrech, cada presentación de bebida tiene su propio estándar de ancho, largo y calibre de lienzo.

**2. Manejo de desechos de termoencogible y polystrech.** La embotelladora, a través de su programa de reciclaje, recupera alrededor del 65% de los envoltorios utilizados para empacar productos, ya sea cajas o tarimas.

Este año, hasta el mes de julio, se han logrado reciclar alrededor de 75 toneladas de este plástico, lo que representa la misma cantidad menos de contaminación y acúmulo de basura no biodegradable en rellenos sanitarios y en áreas naturales.

La mayoría del material recopilado llega gracias al acopio realizado en centros de distribución que tiene la embotelladora en varios puntos del país, además de concientizar a comunidades que consumen los productos fabricados en la misma a que recopilen sus desechos y formen parte del círculo verde.

**3. Otras consideraciones.** La embotelladora tiene, en sus instalaciones, un área dedicada al almacenamiento de tarimas y de logística. El estibamiento máximo es de dos tarimas para todas las presentaciones porque, de estibar más de dos se producirían problemas por deformaciones de las tarimas. Se hace mención a esto por referencia, aunque los cambios propuestos más adelante no afectan ni tienen relación con ninguno de estos dos puntos.

## B. Áreas de oportunidad:

### 1. Polystrech

**Tabla 11:** Análisis FODA de las tarimas embaladas con polystrech.

POLYSTRECH	
Fortalezas	Oportunidades
<p>Las tarimas son correctamente formadas.</p> <p>Control constante del rendimiento de los rollos de polystrech en las tarimas.</p> <p>Dichas tarimas cumplen con parámetros de calidad como fuerzas de embalaje, estabilidad y llegada segura del producto al destino.</p> <p>La relación entre la presentación y la cantidad de plástico en las tarimas de producto es, generalmente, correcta.</p>	<p>El material disponible puede ser más preestirado para reducir la cantidad de polystrech por tarima.</p> <p>Otras formas de reducir el consumo de este insumo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eliminando vueltas de plástico de las tarimas.</li> <li>- Disponibilidad en el mercado de otro material que rinda mejor.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<p>El material no se está estirando a una capacidad mayor como podría hacerlo según sus especificaciones.</p>	<p>Cualquier cambio no tiene que repercutir en la forma de almacenamiento de las tarimas.</p> <p>Estos cambios no deben afectar la estabilidad de las tarimas durante el transporte.</p>

Este análisis se hizo tomando como partida las tarimas antes de cualquier modificación en el polystrech, y el mismo se orientó hacia la disminución del consumo del plástico, presentado como oportunidad.

Los puntos presentados como oportunidades en la tabla FODA son resultado de auditorías de control del consumo del mismo, en donde se presentaba la opción de reducir el consumo de polystrech por tarima en ciertas presentaciones. La detección de sobrantes (material innecesario) y de las posibles áreas de mejora mencionadas da lugar a estas propuestas.

La funcionalidad de estas modificaciones tienen que satisfacer ciertos requisitos de calidad, que son las amenazas de la tabla FODA.

Dentro de los objetivos de este trabajo se encuentran dos relacionados con este film estirable. El primero concierne la búsqueda de un plástico cuyo rendimiento sea mayor que el actual, ayudando a reducir el gasto vinculado con ese insumo en las cuatro líneas de producción anteriormente mencionadas.

El rendimiento de un rollo se refiere a cuántas tarimas, en determinada presentación (recordar que cada presentación de bebida tiene distinto peso en las tarimas) se pueden embalar con una unidad de polystrech. Por una unidad entiéndase un rollo.

La forma de calcular lo anterior es:

$$\text{rendimiento del rollo} = \frac{\text{peso neto del rollo de polystrech}}{\text{peso de polystrech en una tarima}}$$

Es importante trabajar en las mismas dimensiones, tanto en el numerador como en el denominador de la igualdad anterior.

Ejemplo:

Línea de producción: 4

Presentación: 600 ml, carbonatada.

Peso neto del rollo de polystrech (estándar para los rollos utilizados en la planta): 15.62 kg

Peso real, obtenido de la tarima: 0.272 kg

Al utilizar la fórmula anterior, se tiene el siguiente rendimiento:

$$\text{rendimiento del rollo} = \frac{15.62 \text{ (kg)}}{0.272 \text{ (kg)}}$$

$$\text{rendimiento del rollo} = 57.46 \text{ tarimas por rollo}$$

Este resultado indica que con un rollo, se obtendrán 57 tarimas. Éste se usa con base en la proyección de producción, para determinar el consumo de polystrech en esa línea.

El hecho de encontrar un material con mejor rendimiento ayudará a incrementar la cantidad de tarimas embaladas con un rollo, y esto, a la vez, tendrá impacto en la disminución del consumo de ese material.

El segundo objetivo consiste en mejorar el rendimiento del polystrech actual mediante la reducción del peso por tarima. Dicha reducción puede hacerse de varias formas, entre ellas se encuentran:

- Aumentar el preestiraje de material para disminuir el consumo por tarima.
- Reducir número de vueltas totales.

Hasta ahora se han identificado áreas de oportunidad para algunas presentaciones respecto a las reducciones anteriormente mencionadas. Éstas son:

**Tabla 12:** Áreas de oportunidad para reducción del polystrech, por línea y por presentación.

No.	Presentación	Línea de producción	Procedimiento para el ahorro
1	Lata 10.5 oz. No carbonatada	1	Aumento del preestiraje del material
2	Lata 12 oz. Carbonatada	1	Aumento del preestiraje del material
3	PET 12 oz. Carbonatada	8	Aumento del preestiraje del material
4	PET 750 ml Agua Pura	8	Aumento del preestiraje del material
5	PET 3 Litros Carbonatada	5	Aumento del preestiraje del material y reducción del número de vueltas.

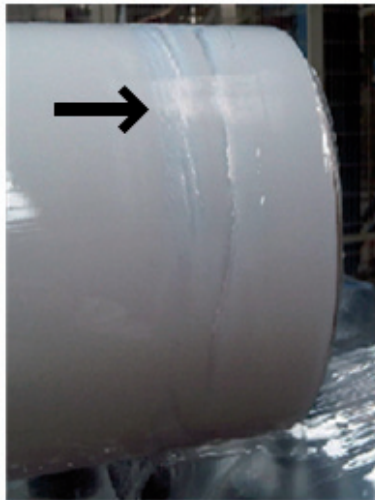
A partir de la tabla anterior se concluye que el área de oportunidad común en todas las presentaciones ha sido el aumento del preestiraje del material. Es importante hacer notar esto porque la característica principal de las películas estirables es su capacidad de estiramiento o elongación, por lo que hay que aprovecharla al máximo para proteger el producto, darle estabilidad y para optimizar el rendimiento del material utilizando menos plástico por tarima. La funcionalidad de estos cambios irá en relación con las amenazas presentadas en el análisis FODA tratando, además, de superar las debilidades presentadas.

**a. Problemas asociados con este material.** La calidad de los rollos de esta película estirable influye considerablemente en su funcionamiento en las líneas de producción. Como se mencionó secciones atrás, a estas películas se les agregan aditivos que sirven para adicionar propiedades especiales a las mismas, y una mala aplicación de estos aditivos, que muchas veces son resinas sintéticas, puede llevar a un mal funcionamiento del material durante su utilización.

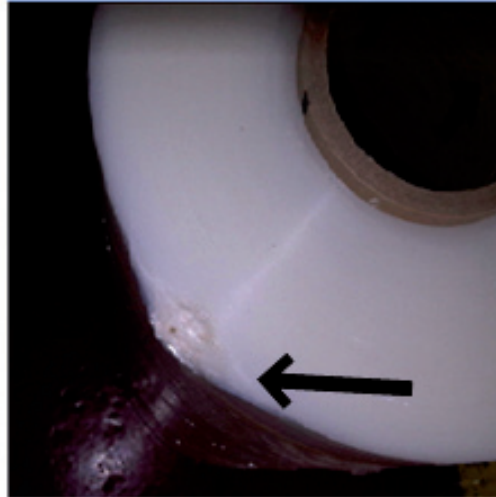
Uno de los problemas asociados con esto se trata de las irregularidades en la densidad de estas resinas, haciendo que la capacidad de estiramiento decrezca significativamente y que la película se rompa constantemente durante el embalado de las tarimas. La solución a esto es adecuar el preestiraje de la máquina para poder trabajar bien, pero el rendimiento disminuye mucho debido a que hay mayor peso en las tarimas. Esta situación se soluciona retirando los rollos con daños y haciendo un reclamo formal al proveedor de polystrech, ya que el problema está totalmente relacionado con la fabricación del mismo.

Otro asunto identificado como área de oportunidad es minimizar el daño que sufren los rollos durante su transporte, desde el país de fabricación, hasta su destino en Guatemala. El lote de producción, al llegar a su destino (en el caso de Guatemala), se empaqueta cada rollo en una caja con el objetivo de resguardarlo de golpes, etc. Esta manipulación incrementa la probabilidad que los rollos sufran golpes y se dañen partes del mismo y esto repercute en gran medida durante el funcionamiento de los mismos; el problema que ocasiona es el mismo caso que el anterior, rompimiento constante de la película durante el embalado.

**Ilustración 10:** la flecha indica zonas del rollo que presentan daños por problemas de fabricación. Estas zonas corrugadas, de distinto micraje, no permiten un estiramiento parejo de la película, provocando rompimiento.



**Ilustración 11:** la flecha indica un golpe que tiene el rollo, generalmente asociado con la manipulación del mismo. Esto ocasiona rompimiento constante durante su funcionamiento en la máquina.



Esto, a la vez, obliga al operador de turno a detener momentáneamente la operación mientras vuelve a colocar la película en la máquina, y se produce un atraso en la producción (mientras más frecuente es el rompimiento, el atraso es proporcionalmente incremental). La oportunidad en este caso consiste en negociar otra forma de transporte en donde la manipulación del producto sea menor.

## 2. Termoencogible:

**Tabla 13:** Análisis FODA de las cajas empaquetadas con termoencogible.

TERMOENCOGIBLE	
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paquetes correctamente formados.</li> <li>- No hay posibilidad que el paquete se desarme o que las botellas salgan a través de las ventanas.</li> <li>- La calidad del material responde a las expectativas de la Embotelladora; las especificaciones que el fabricante indica, se cumplen.</li> </ul>	<p>Existe disponibilidad del proveedor de dar nuevas dimensiones de bobinas de termoencogible, lo que ayudará a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar la apertura de las ventanas para evitar material acumulado (sobrante).</li> <li>- Reducir el micraje de la película termoencogible.</li> </ul> <p>Todo lo anterior se traduce en disminuir el peso de termoencogible por caja, lo que disminuirá el consumo.</p>
Debilidades	Amenazas
<p>En algunas presentaciones las ventanas laterales están muy cerradas y existe material acumulado (se observan arrugas de termoencogible en las cajas), por lo que puede considerarse sobrante de material.</p> <p>No existe un programa de mejora continua enfocado a revisar el empaque con termoencogible y a disminuir su consumo.</p>	<p>No cumplir con especificaciones técnicas del departamento de Aseguramiento de Calidad: apertura de ventanas y manejabilidad del paquete. Esto mismo se traduce a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- toda nueva dimensión de material debe satisfacer los requerimientos de calidad.</li> <li>- todo cambio tiene que verse reflejado en paquetes funcionales, es decir, que no se rompan o se desarmen durante su manipulación</li> </ul>

A partir del análisis anterior, la principal detección de área de oportunidad en relación a esta película termoencogible está en el sobrante de material en algunas presentaciones, que puede verse tanto en las ventanas laterales o en el micraje.

**Ilustración 12:** Ejemplo de sobrante de material en las ventanas laterales en dos sabores distintos de la presentación 3 litros carbonatada.



**Ilustración 13:** Muestra de dos presentaciones distintas, 2.5 y 3 litros carbonatadas respectivamente.



Todo cambio realizado tiene que tener en cuenta las amenazas a las que está sometido el paquete (todas ellas se refieren a la funcionalidad del producto en términos de calidad). En la Ilustración 13 (cajas que tienen el termoencogible tal y como se desea respecto a cantidad necesaria de material) se observa que las ventanas son suficientemente amplias (abiertas) y que no hay probabilidad que las botellas pudieran salirse del paquete.

En resumen, se trata de pasar del primer grupo de imágenes identificado como 3 litros carbonatada (Ilustración 12) a tener una ventana como las fotografías anteriores (Ilustración 13). Para esto es necesario reducir el ancho del lienzo que envuelve al grupo de botellas, que luego formará el paquete tras haber pasado por el horno. La reducción del ancho no provocará modificaciones en tiempos de operación de la máquina. El micraje es otro punto importante; algunas presentaciones tienen un micraje bastante alto (76.2 micras, por ejemplo) cuando podría probarse la utilización de uno más bajo (65 micras, por ejemplo). El reajuste del micraje de la película termoencogible tampoco tiene incidencia en los tiempos de operación de la máquina.

La Tabla 14 presenta la propuesta de nuevas dimensiones en base en la detección de áreas de oportunidad.

Toda la información que ésta presenta está clasificada según la presentación que se esté tratando. Seguidamente se muestra la situación actual respecto al termoencogible, es decir, las dimensiones utilizadas ahora en la embotelladora y se comparan con las propuestas. Luego se muestran las dimensiones de las cajas según la presentación para poderse comparar con la propuesta (la comparación más útil es el ancho de la caja contra el ancho del lienzo, para darse una idea de la apertura de las ventanas).

El objetivo de estas propuestas de nuevas dimensiones consiste en encontrar una dimensión óptima del lienzo y presentarle a la embotelladora nuevos factores de consumo de termoencogible. Estos nuevos factores serán útiles para calcular el ahorro generado en la sección de análisis financiero.

Como se observa en la Tabla 14, no se propuso nuevas dimensiones de termoencogible a todas las presentaciones que se hacen en la embotelladora porque en algunas de ellas el material ya estaba bien aprovechado y no habían sobrantes.

En el caso de la línea 8, en la presentación 600 ml carbonatada, se detectó que existen tres factores distintos de termoencogible para la misma presentación; se estandarizará esto para poder manejar más fácilmente el consumo en ese caso.

**a. Problemas asociados con este insumo.** En el caso de termoencogible pueden presentarse los siguientes defectos en el material:

- **Curling:** Se refiere a un rizado de la película que no permite que sea estable en su funcionamiento. Cuando está sobreponiéndose en el grupo de botellas, estos rizados en los extremos del lienzo no permiten que se cubra bien el grupo de botellas y que por lo tanto no se forme bien el paquete al pasar por el horno (generalmente quedan agujeros). La solución que Aseguramiento de Calidad le da a este problema es retirar el rollo e inspeccionar el resto del lote. Luego se hace un reclamo por el defecto encontrado.
- **Micraje fuera del rango:** El fabricante promete cumplir con el micraje solicitado por la Embotelladora, aunque Aseguramiento de Calidad permite una variación de  $\pm 5\%$  del mismo. En las inspecciones semanales que se hacen para verificar este factor, si el resultado es muy bajo, la temperatura del horno puede resultar muy alta y agujerear el paquete. Si el micraje está por encima del rango, la temperatura del horno puede no resultar suficiente para encoger el paquete como se desea y dejar el paquete flojo. En ambos casos, las cajas tienen que ser reprocesadas, lo que implica más gasto de termoencogible y de energía del horno, además del atraso en el flujo de producción. Retirar el rollo e inspeccionar el resto es la acción procedente en el caso de este problema.
- **Falta de uniformidad de tensión en los extremos:** Esto provoca que cuando la película termoencogible pase a través de los rodillos de la máquina, desde su desenbobinamiento del rollo hasta sobreponerse en el grupo de botellas, se doble de los extremos, provocando un paro en la máquina y atraso en la producción.

Para probar las nuevas dimensiones propuestas es necesario comprobar que el material se encuentre en buen estado y así simular condiciones normales de operación.

**Tabla 14:** Propuesta de dimensiones de termoencogible en presentaciones seleccionadas

Presentación	Termoencogible				Caja			Comentarios
	Dimensiones actuales		Dimensiones propuestas		Dimensiones de la caja			
	Ancho (mm)	Micraje	Ancho (mm)	Micraje	largo (mm)	ancho (cm)	alto (cm)	
Lata sin Hi-Cone 12 onzas	590	76	470	65	390	26,5	12,5	Traslape completo
Energizante 10.5 onzas	560	60	530	60	350	22,5	14	
Lata 8 onzas	560	60						
Cerveza 12 onzas	419	60			260	12	19,5	
Energizante 16 onzas	450	65	430	65	265	20	16	Traslape completo
Cerveza 16 onzas	450	65	430	65	265	20	16	Traslape completo
500 ml energizante	430	50	430	50	250	19	20,5	
500 ml Fitness	450	50	430	50	260	26	18	
600ml	430	50	405	50	270	19	24,5	H20H dejarlo igual
750 ml	480	65	430	65	285	21	27	
1.5 litros six pack	450	65			260	34	17	
2 litros (8 pack)	560	65			400	36	19	
1.5 litros Twelve pack	530	65			340	28	33	
2.5 litros (8 pack)	560	76			420	37	21	
2.5 litros six pack	560	76						
L5 3 litros	580	65	560	65	340	23		Prioritario
2.5 litros (8pack)	560	76			420	37	21	
12 onzas	830	50	760	50	235	18	19	Prioritario
500 ml	830	50	780	50	250	19	23	
600 ml	830	50	810	50	270	19	24,5	
750 ml	860	60	860	60	285	21	27	

## VIII. PRUEBAS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

En esta sección se pretende mostrar cada una de las pruebas que se hicieron para comprobar la funcionalidad de la propuesta presentada en el apartado anterior, tanto para polystrech como para termoencogible. Para realizar cada una de éstas se siguió este procedimiento:

- Identificación del área de oportunidad.
- Consulta con el jefe del departamento de Proyectos de Mejora Continua de la Embotelladora para su aprobación.
- Planificación de la prueba; aviso al coordinador de la línea de producción correspondiente y al departamento de Aseguramiento de Calidad.
- Realización de la prueba:
  - Termoencogible: Para cada prueba se emplean cinco rollos que sirven para empaquetar, en promedio, 1,634 cajas de bebidas cada uno. Por lo anterior, en cada prueba se analizarán 8,170 cajas aproximadamente. Tiempo estimado por rollo: 1 hora, 30 minutos.
  - Polystrech: En este caso también se usaron cinco rollos por prueba. Cada rollo envuelve a 40 tarimas aproximadamente, teniendo un total de 200 tarimas. Tiempo estimado por cada rollo: 45 minutos.
- Comprobación de la funcionalidad del material en prueba a través de la realización de pruebas asociadas con el material.
- Aceptación de los paquetes y de las tarimas por un representante del departamento de Aseguramiento de Calidad.
- Término de la prueba y elaboración de un reporte con los resultados obtenidos.

## **A. Polystrech:**

En el caso de este insumo, fueron dos pruebas distintas las que se realizaron: la primera, una evaluación de un nuevo material y la segunda, varias pruebas relacionadas con la disminución de peso del polystrech en tarimas de ciertas presentaciones.

**1. Evaluación de una nueva marca de polystrech.** Para la misma, se escogieron dos líneas de producción de la embotelladora porque debido al funcionamiento de la máquina embaladora, se exige un mayor desempeño que en otras; además, estas dos líneas tienen capacidad de embalar con mayor porcentaje de preestiraje del material que las otras dos líneas que utilizan polystrech. En ésta y en la siguiente sección la diferencia en el proceso será la marca de polystrech, es decir, el insumo será diferente aunque se trate del mismo material. Los tiempos de operación serán los mismos, esto lo exige el Departamento de Producción para mantener el mismo ritmo del proceso. Para la presentación en la que se haga la prueba, se trabajará con los mismos parámetros de funcionamiento establecidos como estándares, por lo que el número de vueltas de polystrech será el mismo, lo que se traduce en igual tiempo en el proceso. Para cambiar la velocidad del proceso de embalado, es necesario modificar las frecuencias de los variadores (que hay dos, uno de subida y otro de bajada) y la frecuencia de rotación del anillo y, ya que no se hizo lo anterior, el proceso permanece igual respecto al tiempo de operación.

**a. Prueba en la línea de producción 5.** Para poder aceptar la prueba presentada a continuación, los resultados tienen que ser iguales o mejores que los que se tienen actualmente en términos de fuerza y peso de material. Para ello se tienen que hacer varias pruebas y medir por lo menos seis veces en distintos rollos y en diferentes estatus del material, es decir, en puntos cuando el rollo se haya gastado poco, cuando éste vaya por la mitad y cuando esté a punto de acabarse, por ejemplo. Se probaron un total de cinco rollos en esta línea para obtener resultados concluyentes.

Algunos problemas detectados antes de la prueba fueron:

- Ciertos rollos no podrían entrar en la máquina porque el diámetro interno del *core* era menor que el especificado.
- El *core*, en algunos rollos, quedaba al mismo nivel que el polystrech, por lo que rozaba cuando la máquina lo desenbobinaba.

Lo anterior representa zonas de oportunidad para que el fabricante mejore y más adelante pueda volver a hacer una propuesta a la embotelladora.

A continuación se presenta, a modo de resumen, los resultados obtenidos en ambos casos:

**Tabla 15:** Resumen de la comparación de resultados obtenidos en la evaluación del nuevo proveedor en línea 5.

		Evaluado	Actual
Preestiraje		190%	190%
Fuerzas	Superior	26,03	27,4
	Media	22,33	24,5
	Inferior	28,17	28,17
Memoria		55	55
Peso (kg)		0,506	0,416
Rendimiento por tarima		29	38

Existen algunas diferencias importantes a tomar en cuenta en la comparación de ambos productos. La primera es que el peso neto del rollo en el caso del proveedor actual es de 15.62 kg, y en el proveedor evaluado es de 14.62 kg, 1 kg de diferencia.

Para solventar esta diferencia, se procedió a hacer una regla de tres para ajustar el kilogramo faltante en la opción evaluada para poder compararse igualitariamente:

*14.62 kg-29 tarimas*

*15.62 kg-31 tarimas*

De igual forma, el resultado obtenido respecto al rendimiento dista mucho del valor que se maneja actualmente. Teniendo en cuenta que el costo del material es el mismo, en este caso el material presenta un rendimiento más bajo.

Los aspectos relacionados con la calidad del material son correctos, es decir, la película no se reventó durante su funcionamiento y los aspectos de fuerzas son buenos, incluso un poco mejores que los resultados que se obtienen con el material actual.

En conclusión, el material no puede ser aceptado por los problemas mencionados inicialmente

**b. Prueba en la línea de producción 8.** En el caso de esta prueba no se probaron todos los rollos de muestra que tenía el nuevo proveedor ya que persistían algunos defectos en el rollo, tales como el diámetro interior inadecuado del *core*. En total fueron 5 rollos los probados en esta línea, en la presentación 500 ml no carbonatada.

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos a partir de las pruebas de polystrech, tanto para el material de prueba como los datos del material usado actualmente.

En resumen, estos fueron los resultados obtenidos:

**Tabla 16:** Resumen de la comparación de resultados obtenidos en la evaluación del nuevo proveedor en línea 8.

		Evaluado	Actual
Preestiraje		245%	245%
Fuerzas	Superior	26,03	27,4
	Media	22,33	24,5
	Inferior	28,17	28,17
Memoria		55	55
Peso (kg)		0,408	0,426
Rendimiento por tarima		36	37

Utilizando el mismo procedimiento que en la línea 5 para comparar los rollos de polystrech en base al mismo peso:

*14.62 kg-36 tarimas*

*15.62 kg-38 tarimas*

A partir del resultado anterior, el material en evaluación presenta un rendimiento más alto. De nuevo, los factores de calidad son buenos (fuerzas y calidad de la película).

**c. Diferencias entre ambas pruebas.** Es importante notar que en el caso de la línea de producción 5, el preestiraje de la película era de 190% y el rendimiento fue bajo, y en el caso de la línea 8 este valor fue de 245% y el rendimiento fue aceptable. Se puede concluir, con base en esta comparación, que en preestirajes altos (arriba del 225%) el material rendirá mejor que en preestirajes más bajos. Analizando y comparando las líneas de producción de la embotelladora, hay dos líneas en las que se podría tener un rendimiento alto y dos restantes con rendimiento bajo. Por esta discrepancia, se decide no aceptar el material. Con el proveedor se acordó seguir desarrollando y mejorando las áreas de oportunidad encontradas en las pruebas y se volverá a hacer una prueba en el futuro.

**Tabla 17:** Preestiraje promedio por línea de producción.

	Preestiraje promedio de la película
Línea 1	175%
Línea 4	240%
Línea 5	190%
Línea 8	260%

**2. Reducción del peso de polystrech por tarima.** La tabla 18 responde a las oportunidades de reducción de peso detectadas directamente en las líneas de producción gracias a las pruebas de polystrech (auditorías). El factor de caja propuesto será de utilidad para del departamento de Materia Prima para poder recalculer el consumo de las líneas en las que se producen las presentaciones mencionadas.

Es importante ver la relación entre las líneas de producción y la oportunidad de ahorro; las líneas 5 y 8, como se mencionó anteriormente, embalan presentaciones que permiten resistir fuerzas mayores de embalaje, además que las máquinas pueden forzar el material para estirarse más.

En el caso de la línea 5, se eliminaron dos vueltas menos de la tarima y se cambió el engranaje que regula el preestiraje; inicialmente estaba en 28 y se cambió el engranaje a 26 dientes para lograr aumentar el porcentaje de estiramiento del material.

**3. Solución de problemas asociados con el material.** En la sección Situación Actual se explica que uno de los problemas de los rollos de polystrech durante su funcionamiento es el constante rompimiento debido a golpes o magulladuras que el material trae de fábrica. Para solucionar este problema, se negoció con el proveedor que en vez de colocar cada rollo o bobina en una caja individual, que tratara de transportar el lote completo a la Embotelladora, y que en este último lugar se hiciera la distribución de los rollos conforme la demanda de las líneas de producción.

Esta medida ya fue implementada y el cambio fue significativo; dicho cambio se notó al observar los rollos visualmente y ver que tienen menos daños que en casos anteriores y ocurren menos paros en las líneas de producción, por lo que se asegura un aumento en la continuidad de la producción en las líneas solucionando este problema.

**Tabla 18:****Reducciones de peso del polystrech por tarima.**

Línea de producción	Presentación	Peso por tarima actual	Cajas por tarima	Rendimiento teórico	Factor por caja actual	Peso por tarima Propuesto	Factor por caja propuesto	Ahorro en peso	Porcentaje de ahorro	Rendimiento teórico propuesto
1	Lata 10.5 oz. No carbonatada	0,240 kg / tarima	130	65 tarimas / rollo	0,00185 kg / caja	0,230 kg / tarima	0,00177 kg / caja	10,0 gr	4,17%	67,9 tarimas / rollo
1	Lata 12 oz. Carbonatada	0,210 kg / tarima	100	74 tarimas / rollo	0,0021 kg / caja	0,203 kg / tarima	0,00203 kg / caja	7,0 gr	3,33%	76,9 tarimas / rollo
5	PET 3 Litros todos los sabores	0,416 kg / tarima	60	38 tarimas / rollo	0,00693 kg / caja	0,360 kg / tarima	0,006 kg / caja	56,0 gr	13,46%	43,4 tarimas / rollo
8	PET 12 oz. Carbonatada	0,274 kg / tarima	72	57 tarimas / rollo	0,00381 kg / caja	0,246 kg / tarima	0,00342 kg / caja	28,0 gr	10,22%	63,5 tarimas / rollo
8	PET 750 ml. Agua Pura	0,363 kg / tarima	50	43 tarimas / rollo	0,00726 kg / caja	0,350 kg / tarima	0,00706 kg / caja	10,0 gr	2,75%	44,2 tarimas / rollo

El cambio más significativo radica en el aumento de tarimas por rollo de las presentaciones listadas anteriormente. Esto, a la vez, presenta una disminución en el consumo de polystrech tomando en cuenta el volumen de producción de las líneas de la embotelladora.

En la sección de Análisis Financiero se analiza el ahorro que estas reducciones tienen para el año 2012.

## **B. Termoencogible:**

Esta subsección muestra todas las reducciones de dimensiones correspondientes al empaque con termoencogible. A diferencia del polystrech, en las pruebas de nuevas dimensiones del presente empaque no existe, por ahora, ningún método cuantitativo para evaluar y concluir la funcionalidad. La forma empleada de aceptar la prueba es cualitativa, y se basa en una calificación de la apariencia del paquete, simulación del transporte y manipulación del mismo durante la entrega a los clientes que se detalla más adelante.

El punto más importante es observar las ventajas de la caja empaquetada con las nuevas dimensiones de termoencogible y establecer visualmente si hay o no riesgo que las botellas puedan salirse por ese espacio. Si el riesgo es significativo, es decir, si hay una alta probabilidad que ocurra lo anterior, la prueba se cancela y se le califica de no funcional.

Si se continúa con ella, se extrae un paquete ya formado de la banda transportadora, específicamente durante el transporte desde el horno hacia la paletizadora, y se toma con ambas manos, una en cada ventana, y se sacude fuertemente esperando que la ventana se rompa y se desarme la caja (luego se concentra el peso de toda la caja en un solo lado, tomando el paquete solamente desde una ventana). Esto es más significativo durante las pruebas de reducciones de micraje, cuando el espesor del material disminuye y el esfuerzo que tiene que hacer el termoencogible con menor calibre aumenta, ya que tienen que soportar el mismo peso con menos material. Lógicamente, después de la sacudida anterior, las ventanas quedarán más abiertas, pero la evaluación radica en que si las ventanas se rompieron o no, es decir, si logran resistir los movimientos simulados del paquete.

Es importante considerar que, con estas nuevas dimensiones, el tiempo del proceso de empaquetado con termoencogible no cambia; las variables que hacen posible la modificación del tiempo de esta operación son el número de ciclos por minuto que el operador programe, según la velocidad de la línea y, aparte, la velocidad de la banda transportadora de la máquina empaquetadora. Ya que no

se varió ninguno de estos puntos, el tiempo del proceso sigue igual. Esto se puede corroborar en la sección de Estudio de tiempos, en Anexos.

A continuación se presentan todas las pruebas realizadas, cada una en una tabla distinta y con identificación de la presentación y línea de producción. En todas ellas, la columna izquierda representa la situación actual y, la derecha, la propuesta.

**1. Prueba 1:** Lata sin Hi-Cone, 12 onzas carbonatada, línea 1. Prueba de termoencogible con dimensiones 560mm x 65 micras para sustituir el de 590 mm x 76.2 micras.

Termoencogible 590 X 76.2 (actual)	Termoencogible 560 x 65 (prueba)
<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 	
<p>Muestra de la correcta formación de las cajas en ambos casos:</p> 	
<p>Diferencias considerables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Micraje: 76.2 micras.</li> <li>• Paquetes estables por el alto micraje y ventanas completamente cerradas; área de oportunidad para reducción de material.</li> <li>• Área de oportunidad: reducir las dimensiones del ancho del paquete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micraje: 65 micras</li> <li>• Ventana amplia y paquete estable al salir del horno; el hecho de tener 65 micras puede causar deformación del paquete durante el paletizado y posible salida de las latas por la ventana.</li> <li>• Área de oportunidad: aumentar el micraje, de 65 a 76.2 micras manteniendo el mismo ancho de plástico o a la inversa, aumentar el ancho del plástico y mantener el mismo micraje (las reducciones de micraje son más significativas en el factor por caja).</li> </ul>

Problema en el paletizado:



Conclusión: Ventana muy abierta. Aumentar el ancho del termoencogible.  
Prueba no aceptada.

**2. Prueba 2:** Lata sin Hi-Cone, 12 onzas carbonatada, línea 1. Prueba de termoencogible con dimensiones 580 mm x 65 micras para sustituir el de 590 mm x 76.2 micras.

**Termoencogible 590 X 76.2 (actual)**

**Termoencogible 580 x 65 (prueba)**

Vista de las ventanas (laterales):



Muestra de la correcta formación de las cajas en ambos casos:



Diferencias considerables:

- Micraje: 76.2 micras.
  - Paquetes estables por el alto micraje y ventanas completamente cerradas; área de oportunidad para reducción de material.
  - Área de oportunidad: reducir las dimensiones del ancho del paquete.
- Micraje: 65 micras
  - Ventana amplia y paquete estable durante todo el proceso, incluido en el entarimado.
  - Área de oportunidad: vigilar la tarima dejada en observación para concluir si la disminución del micraje no causa daños entre las partes inferiores y superiores de las cajas apiladas entre sí.





Conclusión: Prueba aceptada. Resultados:

**Tabla 19:** Resultados de la prueba de termoencogible 580 x 65 micras, lata 12 onzas, línea 1.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
1	Lata Sin Hi-Cone (12 onzas) Gaseosa	590 mm	76.2	0,042000 kg / Caja	580 mm	65 micras	0,035700 kg / Caja	15,00%

Existe una intención especial en considerar la abertura de las ventanas en las presentaciones envasadas en lata. Ya que se trata de recubrimientos metálicos, estos pueden humedecerse y corroerse, situación que favorece la formación y desarrollo de agentes bacterianos que pueden perjudicar la salud del consumidor del producto. Las ventanas, en este caso, favorecen la ventilación de la caja y evitan el humedecimiento.

**3. Prueba 3:** Lata 10.5 onzas no carbonatada, línea 1. Prueba de termoencogible con dimensiones 530 mm x 65 micras para sustituir el de 530 mm x 60 micras.

Termoencogible 560 X 60 (actual)	Termoencogible 530 x 60 (prueba)
<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 	
<p>Muestra de la correcta formación de las cajas en ambos casos:</p> 	
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Micraje: 60 micras.</li> <li>• Entre las camas apiladas en la tarima se coloca una plancha de cartón. Esto evita el roce y desgaste entre latas.</li> <li>• Paquetes estables y ventanas completamente cerradas.</li> <li>• Área de oportunidad: aumentar el ancho de la ventana, que es equivalente a reducir el ancho del termoencogible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micraje: 60 micras.</li> <li>• Se continúa colocando el cartón entre planchas.</li> <li>• Ventana más abierta, conseguido a partir de la reducción del ancho del lienzo.</li> <li>• Estas aberturas ayudan a evitar la condensación en el interior del paquete para no fomentar el desarrollo microbiológico.</li> <li>• Ventana amplia y paquete estable durante todo el proceso, incluido en el entarimado.</li> <li>• El paquete sigue teniendo la misma funcionalidad que el caso anterior.</li> </ul>

Conclusión: La prueba fue aceptada.





**Tabla 20:** Resultados obtenidos en la prueba de Adrenaline 10.5 onzas, línea 1.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
1	10.5 OZ energizante	560 mm	60 micras	0,032050 kg / Caja	530 mm	65 micras	0,031621 kg / Caja	1,34%
1	10.5 OZ energizante	560 mm	60 micras	0,032050 kg / Caja	530 mm	60 micras	0,030402 kg / Caja	5,14%

En la tabla anterior se muestran dos pruebas distintas. En realidad, el material probado fue 530 x 65 micras porque era el que se tenía disponible. El objetivo de la prueba era comprobar la funcionalidad de la reducción del ancho del lienzo en esa presentación (primera prueba de la tabla anterior). El factor obtenido de la segunda prueba es puramente teórico a partir de la relación entre la densidad y volumen (largo del lienzo, ancho y calibre de la película).

A comparación de la presentación anterior (lata 12 onzas carbonatada), la presente puede tener un lienzo de termoencogible con menor micraje porque, durante el entarimado, se pone una plancha de cartón entre cada cama de la tarima, evitando así el roce entre cajas que puede producir desgaste del envase metálico. Estas planchas de cartón no se ponen entre las camas del envase de lata 12 onzas anterior, pero se refuerza la caja con un traslape completo para evitar el rozamiento mencionado.

**4. Prueba 4:** 3 litros PET carbonatada, línea 5. Prueba de termoencogible con dimensiones 560 mm x 65 micras para sustituir el de 580 mm x 65 micras.

Termoencogible 580 X 65 (actual)	Termoencogible 560 x 65 (prueba)
<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 	
<p>Muestra de la correcta formación de las cajas en ambos casos:</p> 	
<p>Diferencias considerables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo: 580 mm</li> <li>• Ventanas bastante cerradas; el material acumulado se observa en las arrugas de plástico alrededor de las ventanas.</li> <li>• Paquete correctamente formado.</li> <li>• Área de oportunidad: reducir las dimensiones del ancho del paquete.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo: 560 mm (2 cm menos).</li> <li>• Ventana más abierta, no afecta la funcionalidad del paquete. Mejor utilización del material, por ende, mejor rendimiento.</li> <li>• Paquete correctamente formado.</li> <li>• Área de oportunidad: reducción de un centímetro más el ancho del plástico.</li> </ul>

Conclusión: Prueba aceptada.

**Tabla 21:** Resultados de la prueba de termoencogible 560 x 65 micras, 3 litros PET, línea 5.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
5	3 Litros carbonatada	580 mm	65 micras	0,042164 kg / Caja	560 mm	65 micras	0,040268 kg / Caja	4,50%

**5. Prueba 5:** 2.5 litros PET carbonatada, línea 5. Prueba de termoencogible con dimensiones 560 mm x 65 micras para sustituir el de 560 mm x 76 micras.

El cambio realizado en esta presentación consistió en reducir el micraje, de 76 micras a 65, manteniendo el ancho del lienzo igual.

Se observó funcionalidad, ya que cuando se toma el paquete de la línea y se baja y luego se sacude simulando el manejo del paquete, no dio problema.



La reducción de 11 micras pretende uniformar el consumo de una sola dimensión de termoencogible en L5, línea en donde se llenan las presentaciones de 3 litros y esporádicamente 2.5 litros, misma en la cual se hicieron los cambios.

Conclusión: La prueba fue aceptada

**Tabla 22:** Resultados de la prueba de termoencogible 560 x 65 micras, 2.5 litros PET, línea 5.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
5	2.5 Litros carbonatada	560 mm	76 micras	0,047500 kg / Caja	560 mm	65 micras	0,039667 kg / Caja	16,49%

**6. Prueba 6:** 12 onzas PET todos los sabores., línea 8. Prueba de termoencogible con dimensiones 760 mm x 45 micras para sustituir el de 830 mm x 50 micras.

Termoencogible 830 x 50 (actual)	Termoencogible 760 x 45 (prueba)
<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 	
<p>Diferencias considerables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo para cada caja: 415 mm (es equivalente a dividir 830 entre 2, ya que son dos cajas que se empaican a la vez).</li> <li>• Ventanas bastante cerradas; el material acumulado se observa en las arrugas de plástico alrededor de las ventanas.</li> <li>• Paquete correctamente formado.</li> <li>• Área de oportunidad: reducir las dimensiones del ancho del paquete y evaluar la factibilidad de reducción del micraje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo para cada caja: 380 mm (3.5 cm menos).</li> <li>• En total hay 7 centímetros menos de material en el rollo.</li> <li>• Ventana más abierta, eliminando el exceso de material en el paquete. Mejor utilización del material, por ende, mejor rendimiento.</li> <li>• Paquete correctamente formado.</li> </ul>

**Conclusión:** La prueba fue aceptada con un calibre de 50 micras.





**Tabla 23:** Resultados de la prueba de termoencogible 760 x 45 micras, 12 onzas PET, línea 8.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	12 OZ Todos los sabores	810 mm	50 micras	0,033000 kg / Caja	760 mm	50 micras	0,027351 kg / Caja	17,12%
8	12 OZ Todos los sabores	810 mm	50 micras	0,033000 kg / Caja	760 mm	45 micras	0,030216 kg / Caja	8,44%

Dos consideraciones especiales en este punto; la prueba hecha en la línea de producción corresponde a la segunda fila de la tabla anterior. Se hizo por disponibilidad del material, ya que se tenía en stock. Los datos de la primera fila representan cálculos teóricos en base a los obtenidos en la prueba en línea. De todas formas, el factor propuesto es el correspondiente a las dimensiones 760 x 45 micras.

La segunda consideración es que el ancho del lienzo no corresponde a la medida presentada como “ancho” en la tabla anterior, ni en los casos en los que se involucra a la línea 8 porque esta línea envuelve con termoencogible dos paquetes al mismo tiempo, por lo que el verdadero ancho del lienzo es la mitad del presentado en la tabla anterior.

**7. Prueba 7:** 600 ml PET todos los carbonatada, línea 8. Prueba de termoencogible con dimensiones 810 mm x 50 micras para sustituir el de 830 mm x 50 micras.

Termoencogible 830 x 50 (actual)	Termoencogible 810 x 50 (prueba)
<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 	<p>Vista de las ventanas (laterales):</p> 
<p>Correcta formación de las cajas:</p> 	<p>Correcta formación de las cajas:</p> 
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo total: 830 mm</li> <li>• Ancho del lienzo por caja: 415 mm</li> <li>• Micraje: 50 micras.</li> <li>• Correcta formación de ventanas en el paquete.</li> <li>• Caja correctamente formada.</li> <li>• Área de oportunidad: ampliar más las aperturas laterales (ventanas) con el fin de lograr la misma funcionalidad del paquete con menos material.</li> </ul> <p><u>Conclusión:</u> Prueba aceptada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho del lienzo total: 810 mm</li> <li>• Ancho del lienzo por caja: 405 mm</li> <li>• Micraje permanece constante.</li> <li>• Hubo una reducción de 20 mm en el ancho del rollo, lo que se traduce en una disminución de 10 mm en el paquete (5 mm de cada lado).</li> <li>• Cajas correctamente formadas.</li> </ul>

**Tabla 24:** Resultados de la prueba de termoencogible 810 x 50 micras, 600 ml PET.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	600 ML Baja carbonatación	830 mm	50 micras	0,036940 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,91%
8	600 ML Alta carbonatación	830 mm	50 micras	0,037480 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035641 kg / Caja	4,91%
8	600 ML Propietaria	830 mm	50 micras	0,037980 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,036631 kg / Caja	3,55%

La tabla y la prueba anterior se relacionan con la presentación carbonatada, 600 ml. Se observa que distintos sabores de la misma presentación tienen distintos factores de consumo de termoencogible, al igual que de polystrech. Este distinto factor (kg / caja) se debe a que los largos de los lienzos de las presentaciones son distintos, aunque cercanos entre sí

Con lo que respecta a este primero, se trató de estandarizar todas las presentaciones con un mismo factor utilizando los mismos largos de lienzo (esto aplica para las presentaciones de la tabla anterior). Además se añadieron nuevas presentaciones de 600 ml no carbonatadas, como en el caso de las bebidas de refresco y agua pura. Esta primera tiene el mismo largo de lienzo, por lo tanto el mismo factor, y en el caso del agua, cuyo largo de lienzo es de 960 mm (a diferencia de los 950 mm del resto de las presentaciones anteriores), tiene otro factor.

Para estas dos presentaciones recién agregadas se tiene la tabla siguiente:

**Tabla 25:** Resultados de la prueba de termoencogible 810 x 50 proyectado hacia las demás presentaciones no carbonatadas.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	600 ML Baja carbonatación	830 mm	50 micras	0,036940 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,91%
8	600 ML Alta carbonatación	830 mm	50 micras	0,037480 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	6,28%
8	600 ML Propietaria	830 mm	50 micras	0,037980 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	7,51%
8	Refresco 600 ml	830 mm	50 micras	0,036700 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,28%
8	Agua Pura 600 ml	830 mm	50 micras	0,037090 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,39%

Propuestas no probadas directamente en la línea de producción:

A continuación se presentan propuestas que como el título anterior lo indica, no se probaron en las líneas de producción por distintos motivos, entre ellos, por la poca frecuencia con que se producen estas bebidas.

**8. Prueba 8:** 500 ml PET no carbonatada, línea 8. Propuesta de termoencogible con dimensiones 780 mm x 50 micras para sustituir el de 830 mm x 50 micras.

### Termoencogible 830 x 50 (actual)

Muestra de las ventanas:



Correcta formación del paquete:



Propuesta:

- Reducir el ancho del lienzo que cubre al paquete, de 415 mm a 390 mm. Esto significa reducir la altura del rollo, de 810 mm a 780 mm.

**Tabla 26:** Propuesta de termoencogible para la presentación de 500 ml no carbonatada, línea 8.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		% Ahorro	
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	500 ML Jugo	830 mm	50 micras	0.035300 kg / Caja	780 mm	50 micras	0.031579 kg / Caja	10.54%

**9. Prueba 9:** 600 ml PET no carbonatada, línea 8. Propuesta de termoencogible con dimensiones 810 mm x 50 micras para sustituir el de 830 mm x 50 micras.

### Termoencogible 830 x 50 (actual)

Muestra de las ventanas:



Correcta formación del paquete:



Propuesta:

- Reducir el ancho del lienzo que cubre al paquete, de 415 mm a 405 mm. Esto significa reducir la altura del rollo, de 830 mm a 810 mm.

**Tabla 27:** Propuesta de termoencogible para la presentación 600 ml no carbonatada, línea 8.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		% Ahorro	
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	Refresco 600 ml	830 mm	50 micras	0,036700 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,28%

**10. Prueba 10:** 600 ml PET no carbonatada, línea 4. Propuesta de termoencogible con dimensiones 405 mm x 50 micras para sustituir el de 415 mm x 50 micras.

### Termoencogible 430 x 50 (actual)

Muestra de las ventanas:



Correcta formación del paquete:



Propuesta:

- Reducir el ancho del lienzo que cubre al paquete, de 430 mm a 405 mm. Esto significa reducir la altura del rollo a 405 mm.

**Tabla 28:** Propuesta de termoencogible para la presentación 600 ml carbonatada, línea 4.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	600 ml Carbonatadas	430 mm	50 micras	0,037990 kg / Caja	405 mm	50 micras	0,035282 kg / Caja	7,13%

Esta presentación es la misma que se hace en línea 8, pero el modo de operación de cada una es distinto: en línea 4 se empaca un grupo de botellas a la vez y, en el caso de línea 8, se empacan dos al mismo tiempo, por lo que el ancho del lienzo (lo equivalente al alto del rollo tiene que ser el doble). Luego de haber reducido y actualizado el factor de 600 ml carbonatadas en línea 8, se pretende hacer lo mismo en la línea de producción 4, razón por la que se presenta la prueba y la tabla mostrada anteriormente .

El detalle en este caso es que esta reducción del factor no se considerará para el análisis financiero, ya que esta presentación está destinada a ser llenada únicamente en la línea de producción 8, sirviendo como soporte la línea de producción 4. Por esta misma razón se desconoce la cantidad de cajas que serán producidas en dicha línea anualmente.

#### a. Resumen de los nuevos factores de consumo, por línea de

**producción y presentación.** La tabla que se muestra a continuación pretende servir de resumen para todas las pruebas presentadas anteriormente. Ver página siguiente.

**Tabla 29:** Resumen de los nuevos factores para las presentaciones mencionadas.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	600 ML Baja carbonatación	830 mm	50 micras	0,036940 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,91%
8	600 ML Alta carbonatación	830 mm	50 micras	0,037480 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	6,28%
8	600 ML Propietaria	830 mm	50 micras	0,037980 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	7,51%
8	Refresco 600 ml	830 mm	50 micras	0,036700 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035128 kg / Caja	4,28%

Continuación Tabla 29.

Línea	Presentación	ACTUAL		Factor	NUEVO		Factor	% Ahorro
		Características del material			Características del material			
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje		
8	Agua Pura 600 ml	830 mm	50 micras	0,037090 kg / Caja	810 mm	50 micras	0,035460 kg / Caja	4,39%
4	600 ml Carbonatadas	430 mm	65 micras	0,037990 kg / Caja	405 mm	50 micras	0,035282 kg / Caja	7,13%
8	500 ML Jugo	830 mm	50 micras	0,035300 kg / Caja	780 mm	50 micras	0,031579 kg / Caja	10,54%
5	2.5 Litros carbonatada	560 mm	76 micras	0,047500 kg / Caja	560 mm	65 micras	0,039667 kg / Caja	16,49%
1	10.5 OZ energizante	560 mm	60 micras	0,032050 kg / Caja	530 mm	60 micras	0,030402 kg / Caja	5,14%
8	12 OZ Todos los sabores	810 mm	50 micras	0,033000 kg / Caja	760 mm	45 micras	0,027351 kg / Caja	17,12%
5	3Litros Carbonatada	580 mm	65 micras	0,042164 kg / Caja	560 mm	65 micras	0,040268 kg / Caja	4,50%
1	Lata Sin Hi-Cone (12 onzas) Gaseosa	590 mm	76.2 micras	0,042000 kg / Caja	580 mm	65 micras	0,035700 kg / Caja	15,00%

## **IX. REPRESENTACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS OPERACIONES DE LA LÍNEA DE EMBOTELLADO**

Para llegar al objetivo de presentar nuevos parámetros de consumo tanto para el polystrech como para el termoencogible, se hicieron pruebas en dos operaciones de las líneas de embotellado: el empaquetado (para probar la funcionalidad de las nuevas dimensiones de termoencogible) y el embalado con polystrech (para el mismo fin, pero con este último insumo).

En ambas operaciones se hizo un estudio de tiempos para verificar el tiempo estándar de la máquina antes y después de las pruebas y notar que la propuesta no modificará los tiempos de operación de las mismas. Este estudio de tiempos se presenta en el capítulo de anexos.

A continuación se presentan diagramas de procesos operativos que muestran la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones y materiales que intervienen en el proceso de embotellado de bebidas. Estos se identifican según la presentación, línea de producción y si corresponden a la situación actual o a la propuesta; abarcan desde el posicionamiento del envase hasta el embalado de las tarimas con polystrech.

La intención especial de presentar estos diagramas radica en analizar posibles cambios en el tiempo total del proceso de embotellado y de sus operaciones, comparando, por presentación, la situación actual (tiempos actuales) y la propuesta (posible cambio en el tiempo del proceso respecto a la modificación de los insumos en los procesos anteriormente mencionados).

Los tiempos incluidos en las operaciones donde interviene el termoencogible y el polystrech se pueden corroborar en la sección de Estudio de tiempos, en anexos. Los tiempos de los otros procesos fueron proporcionados por la embotelladora a partir de estudios previos y modificados en igual proporción para la misma línea de producción por motivos de confidencialidad.

A modo de introducir al lector a los diagramas, esta tabla presenta qué modificación se hizo con cada presentación:

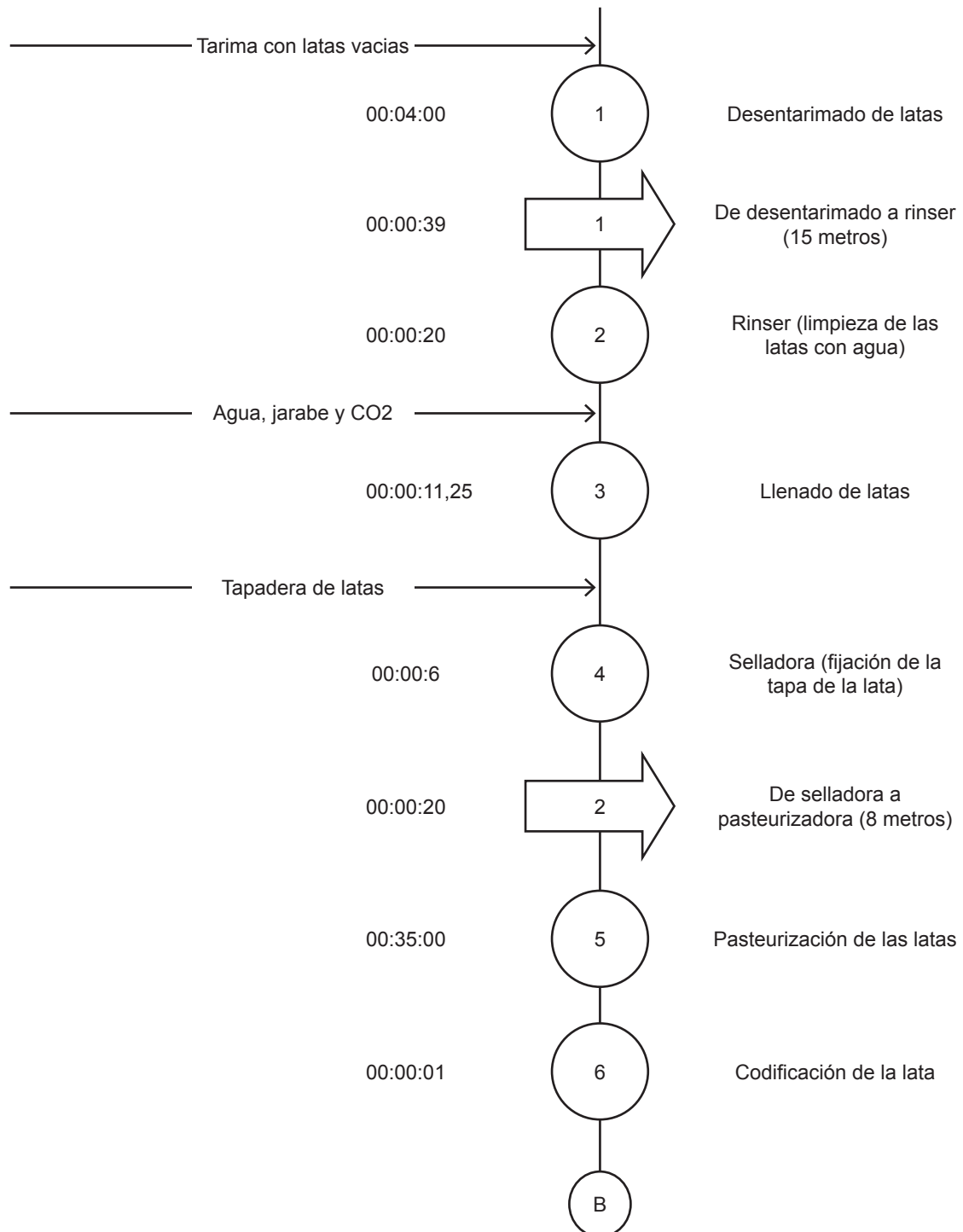
**Tabla 30:** Modificaciones de los insumos termoencogible y polystrech, por presentación.

Presentación	Termoencogible	Polystrech
12 oz, lata	x	x
10.5 oz, lata	x	x
3 litros, PET	x	x
2.5 litros, PET	x	
12 oz, PET	x	x
600 ml, PET	x	
750 ml, PET		x

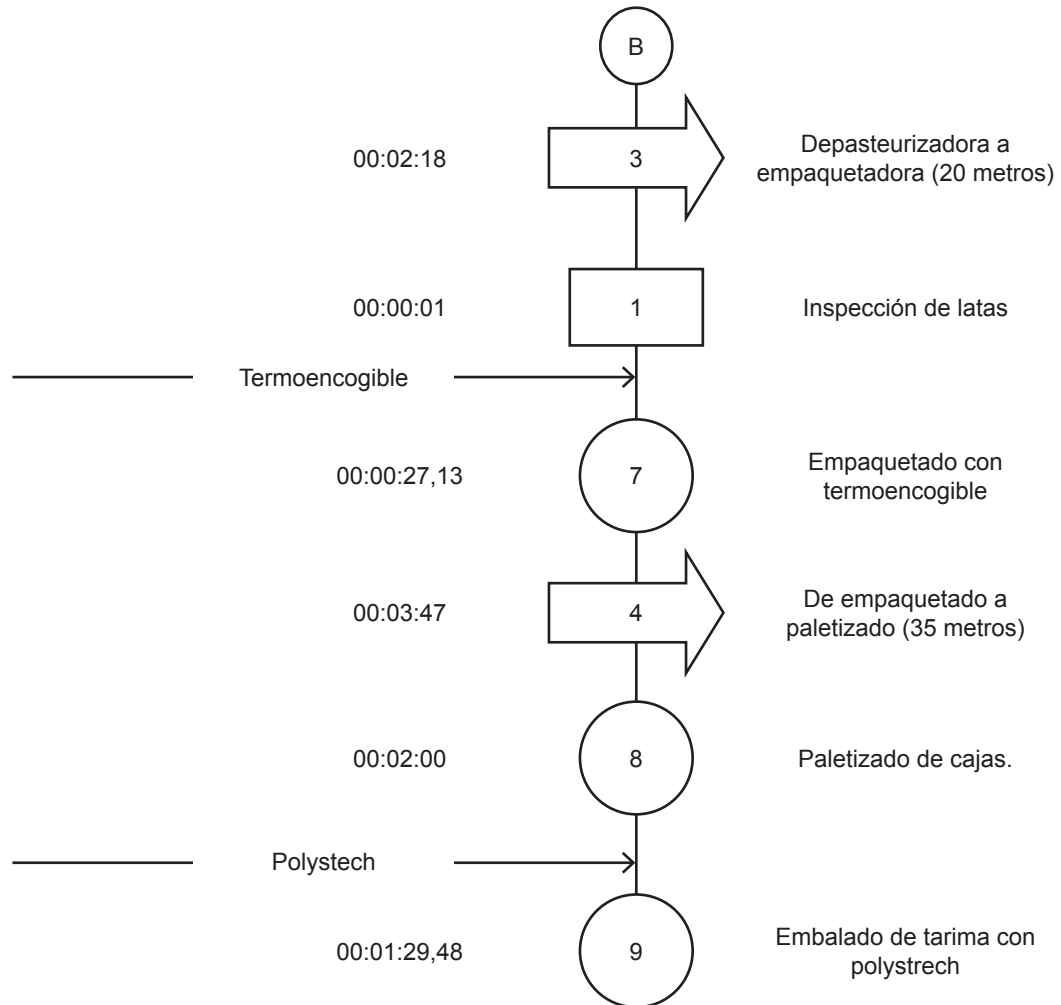
**Diagrama 4:** DOP para la presentación 12 onzas lata, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 12 onzas, lata  
 Línea de embotellado A.  
 \*Situación actual Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde desentaramado de latas hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 4:** DOP para la presentación 12 onzas lata, correspondiente a la situación actual.



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	2614,86	78
Inspección	1	1	
Transporte	4	424	
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>3039,86 seg.</b>	<b>78</b>
<b>Minutos</b>		<b>50,66 min.</b>	

**Diagrama 5:** DOP para la presentación 12 onzas lata, situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

Presentación: 12 onzas, lata

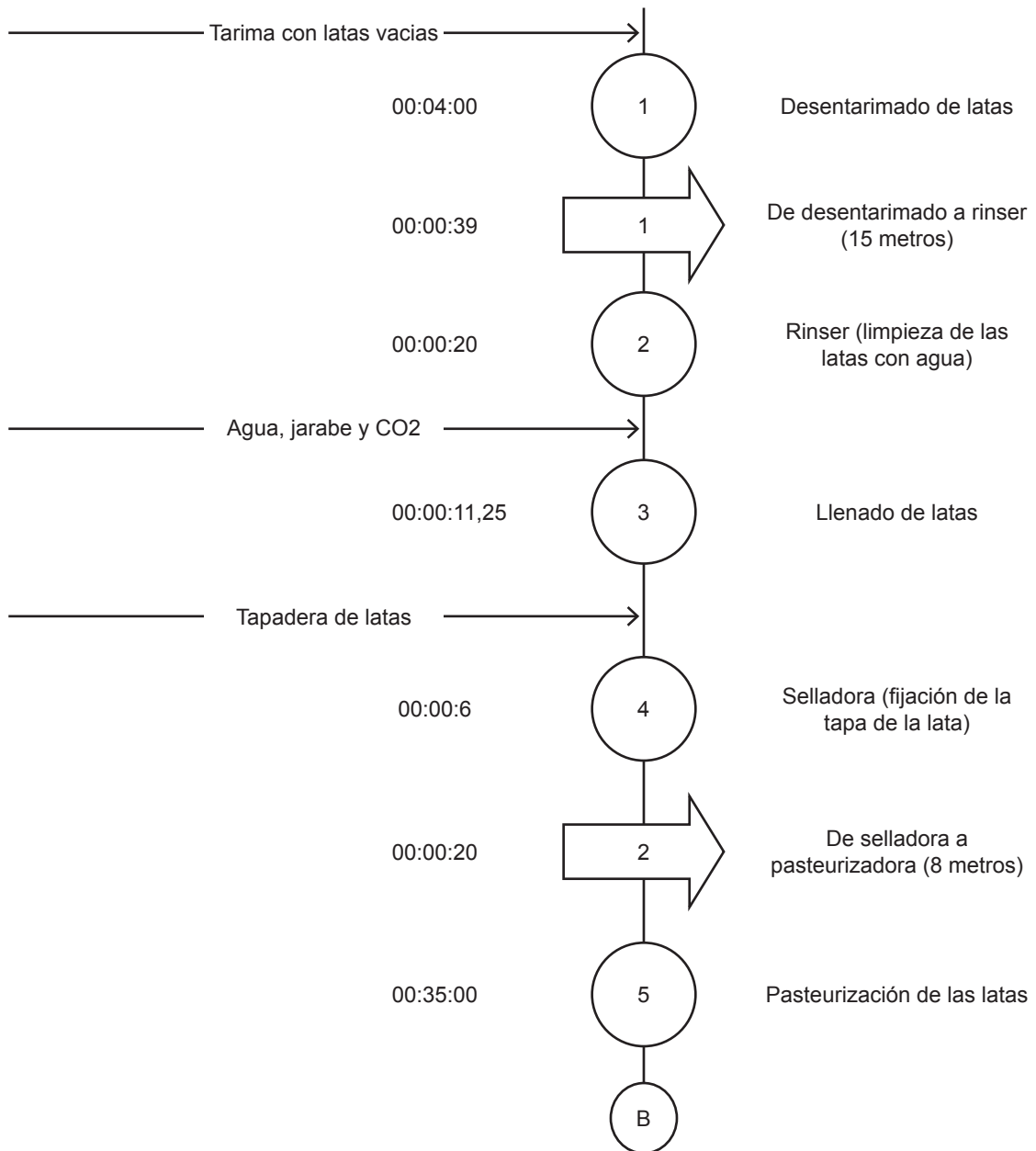
Línea de embotellado A.

\*Situación propuesta

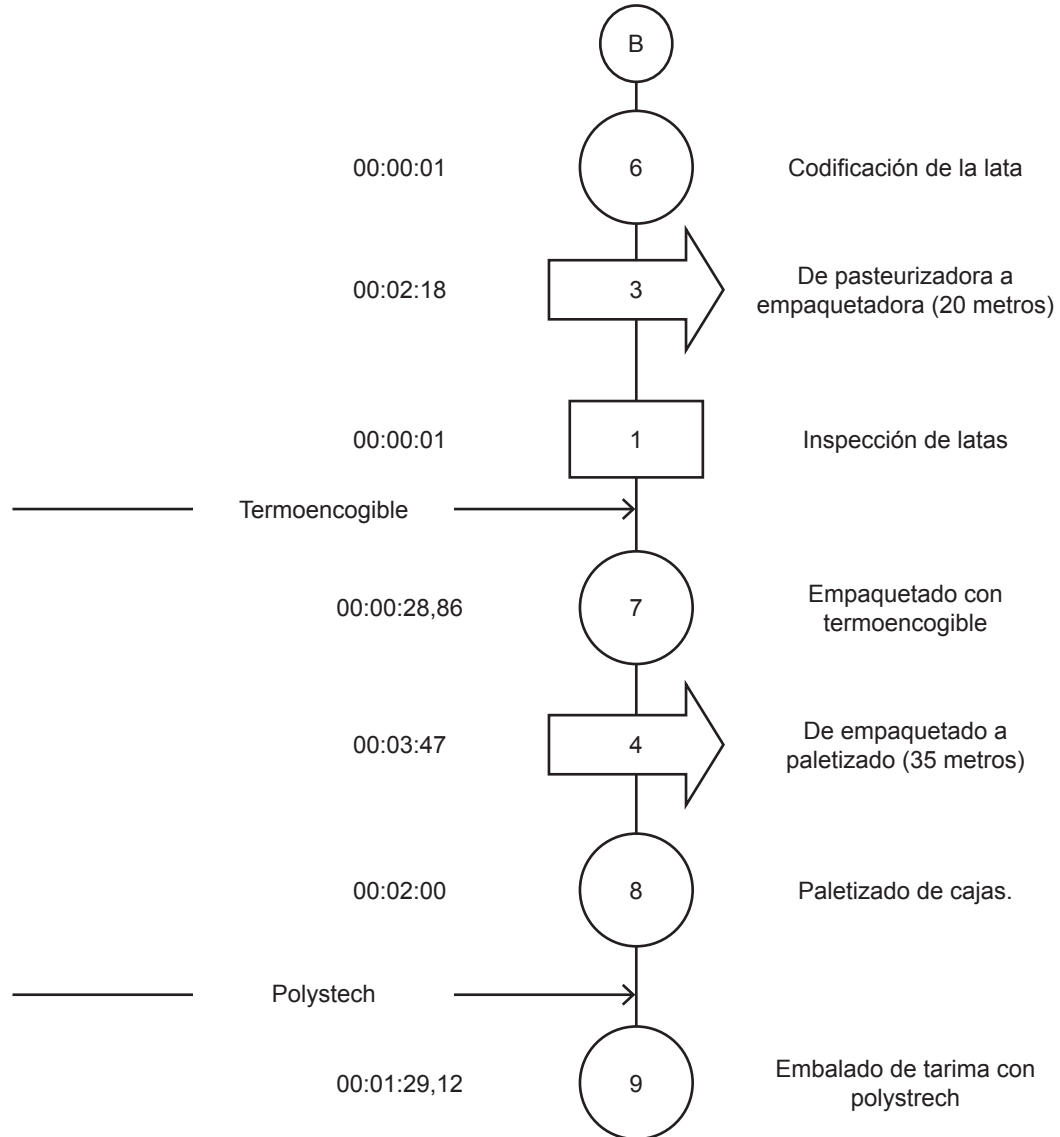
Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde desentramado de latas hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 5: DOP para la presentación 12 onzas lata, situación propuesta.**



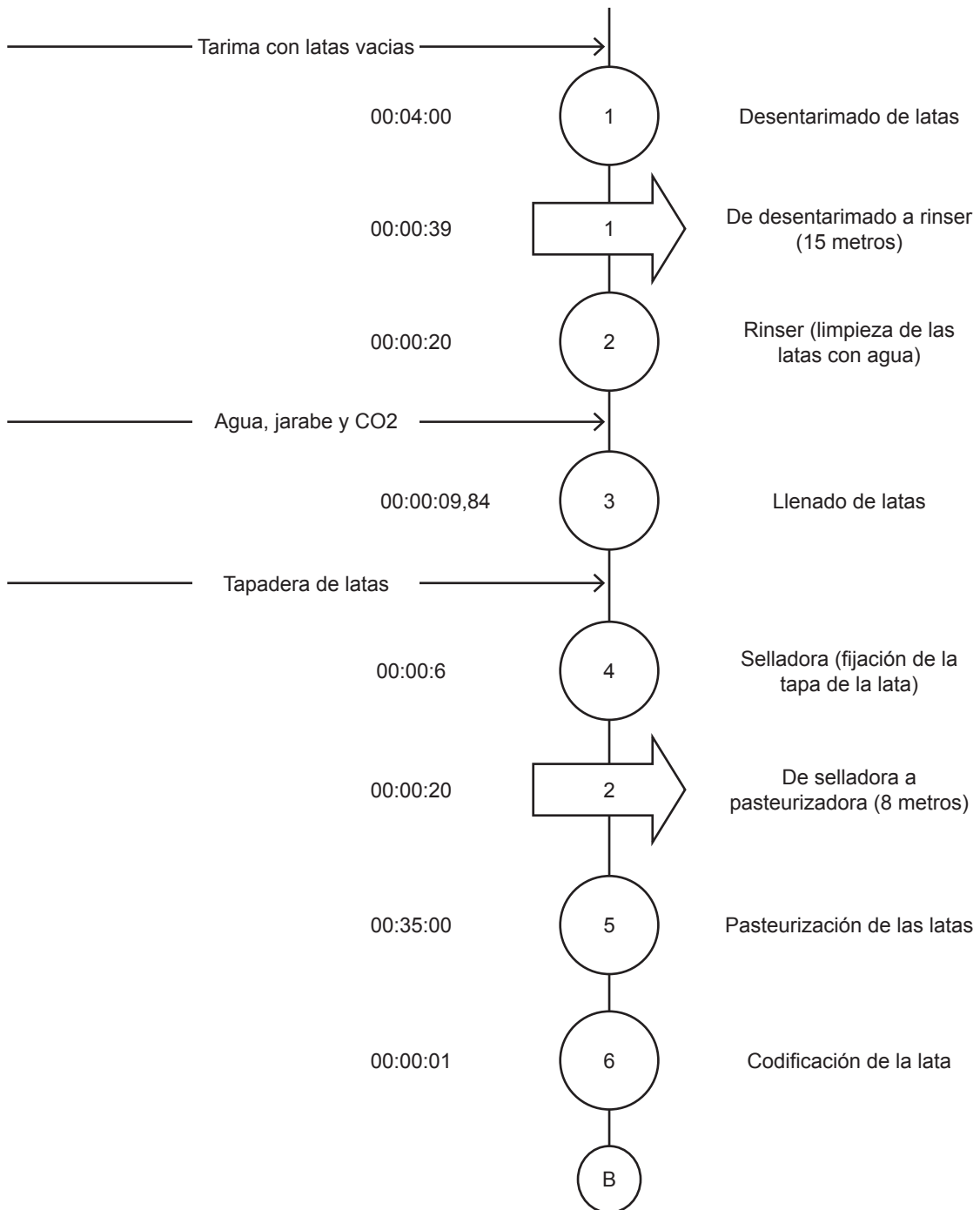
Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	2616,23	78
Inspección	1	1	
Transporte	4	424	
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>3041,23 seg.</b>	<b>78</b>
<b>Minutos</b>		<b>50,68 min.</b>	

De los dos diagramas de la misma presentación, existe una diferencia que es de 1.63 segundos, la cual no es significativa y no representa un cambio importante en la línea dados los cambios en los insumos termoencogible y polystrech.

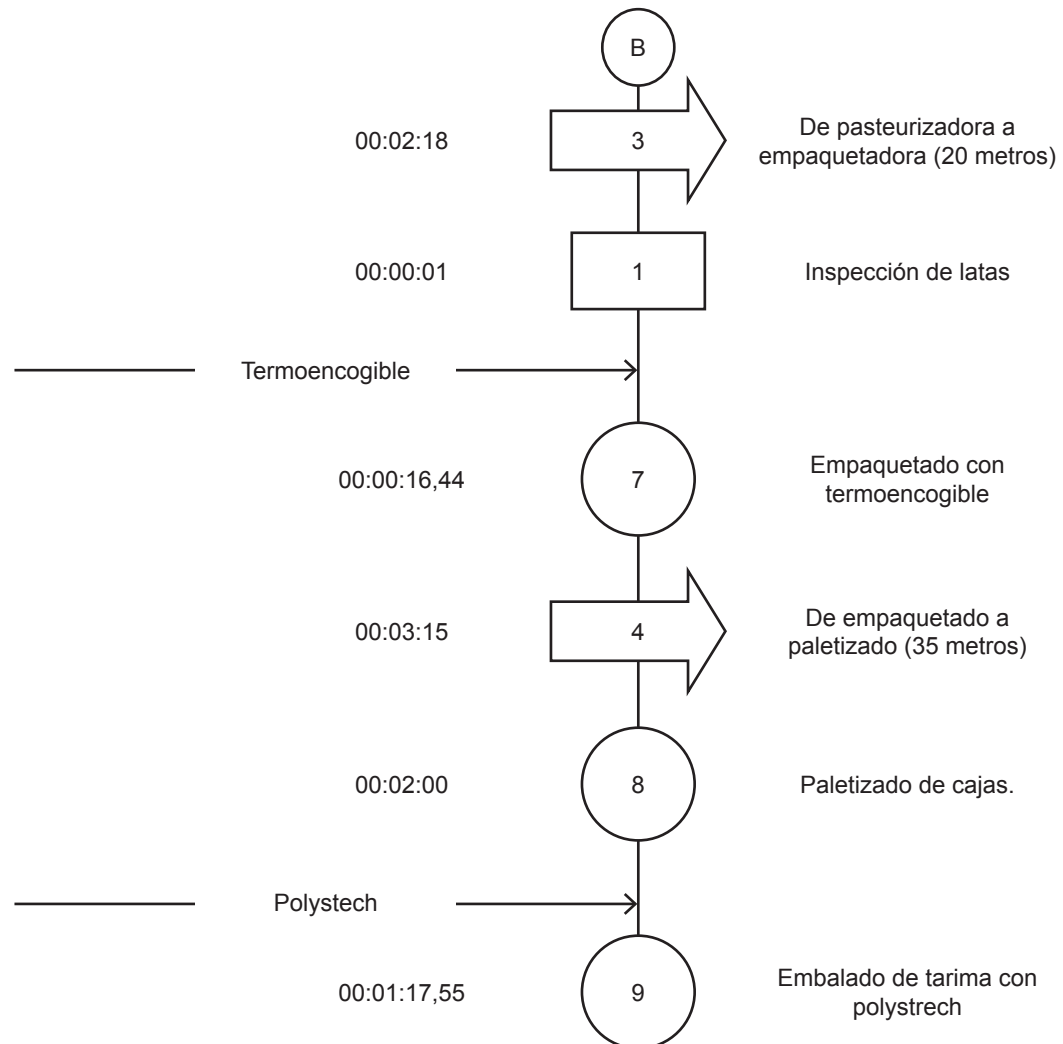
**Diagrama 6:** DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 10.5 onzas, lata  
 Línea de embotellado A.  
 \*Situación actual  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde desentramado de latas hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 6: DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación actual.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	2590,83	78
Inspección	1	1	
Transporte	4	392	
<b>Total</b>		<b>2.983,83 seg.</b>	<b>78</b>
<b>Minutos</b>		<b>49,76 min.</b>	

**Diagrama 7:** DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

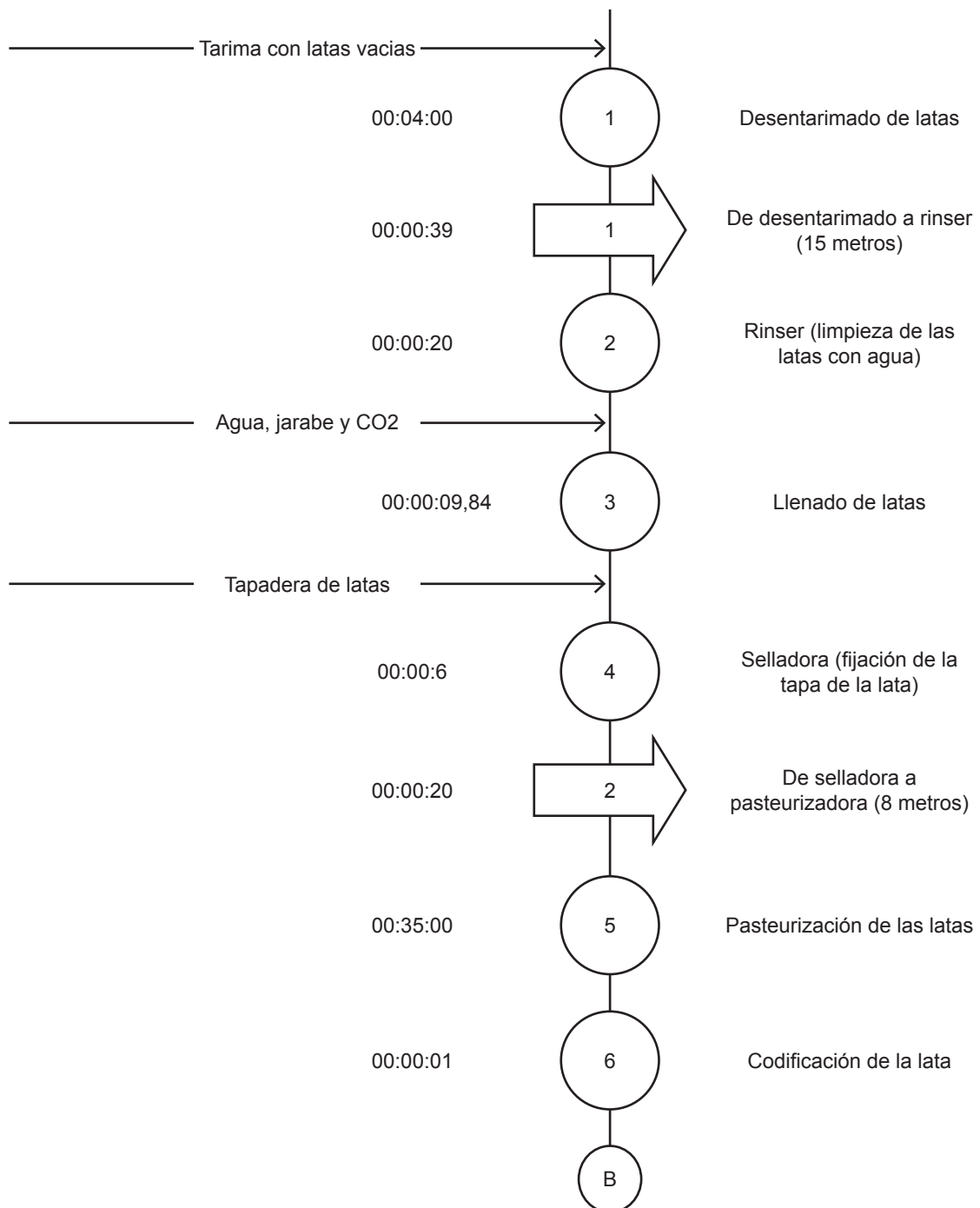
Presentación: 10.5 onzas, lata

Línea de embotellado A.

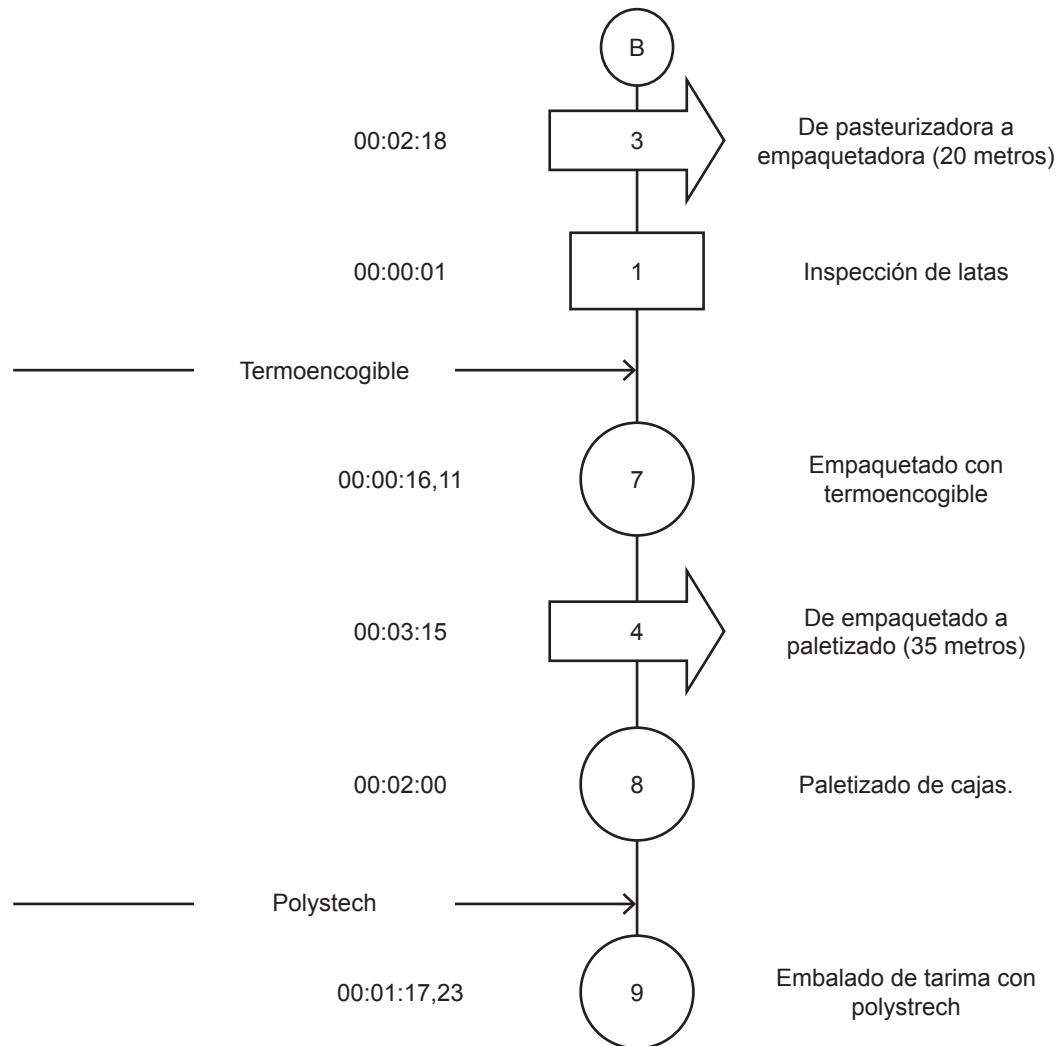
\*Situación propuesta. Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde desentaramado de latas hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 7: DOP para la presentación 10.5 onzas lata, correspondiente a la situación propuesta.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	2590,18	78
Inspección	1	1	
Transporte	4	392	
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>2.983,18 seg.</b>	<b>78</b>
<b>Minutos</b>		<b>49.72 min.</b>	

Para esta presentación no existe diferencia significativa entre los tiempos de embotellado, dado los cambios en los insumos termoencogible y polystrech.

**Diagrama 8:** DOP para la presentación 3 litros PET, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

Presentación: 3 litros, PET.

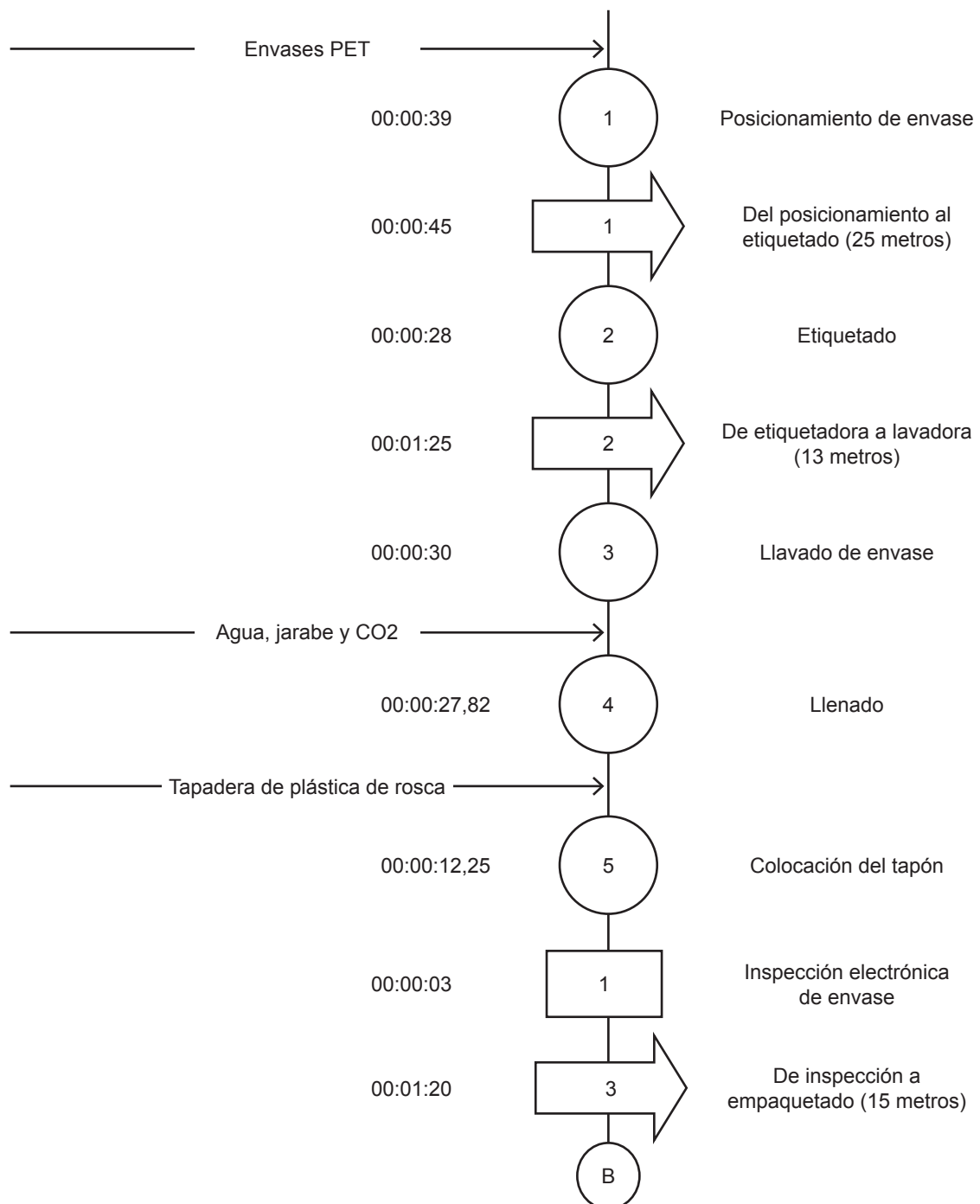
Línea de embotellado B.

\*Situación actual

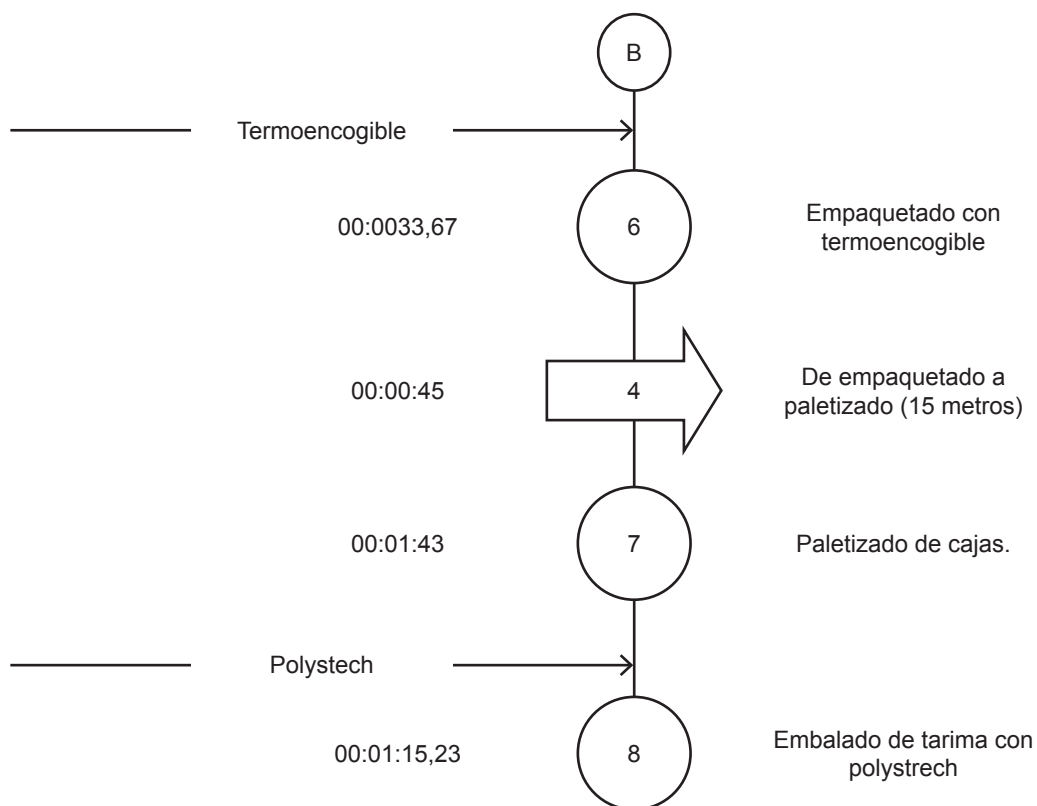
Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 8: DOP para la presentación 3 litros PET, correspondiente a la situación actual.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	8	348,97	68
Inspección	1	3	
Transporte	4	255	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>606,97 seg.</b>	<b>68</b>
<b>Minutos</b>		<b>10,11 min.</b>	

**Diagrama 9:** DOP para la presentación 3 litros PET, situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ. Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

Presentación: 3 litros, PET.

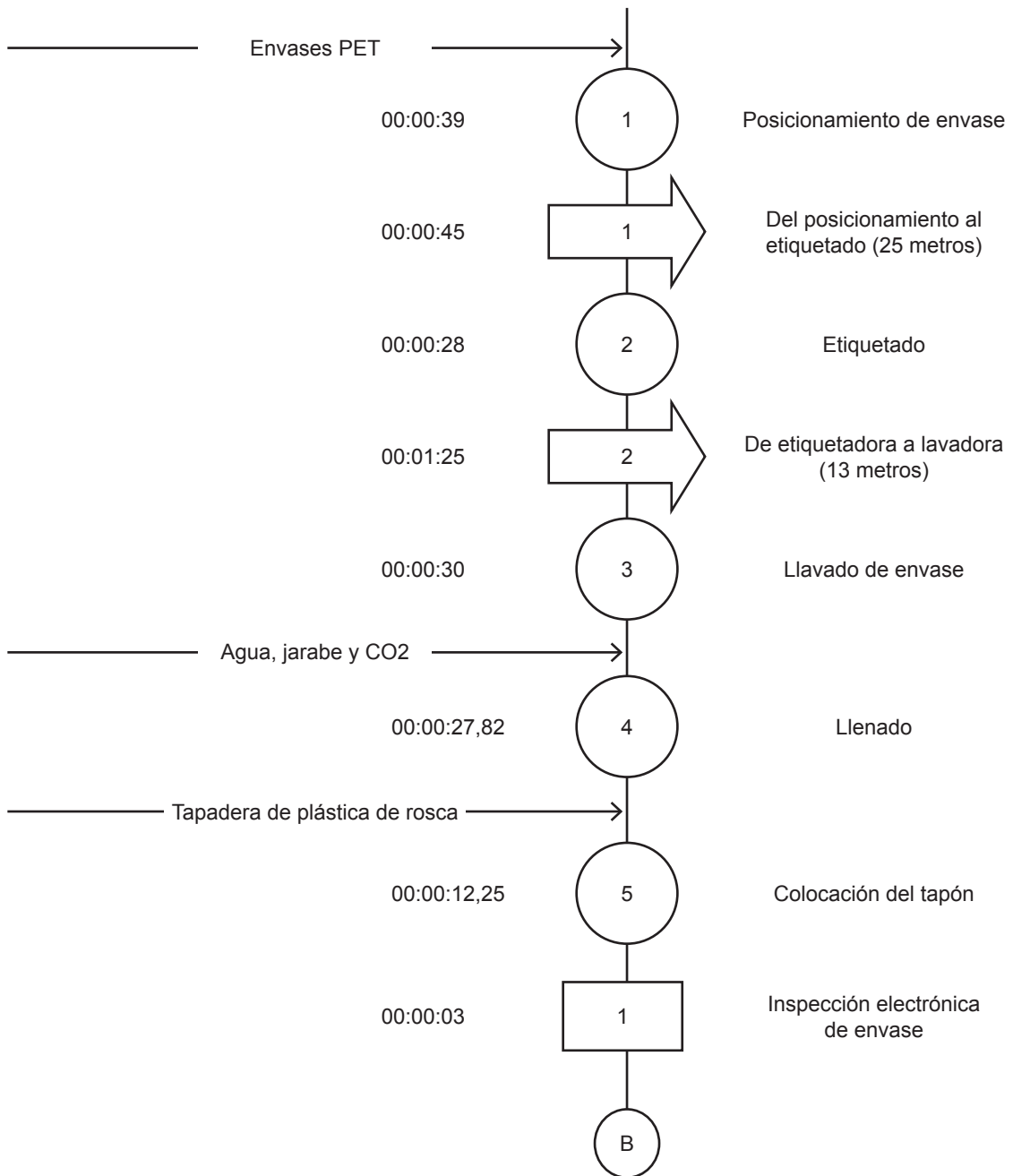
Línea de embotellado B.

\*Situación propuesta.

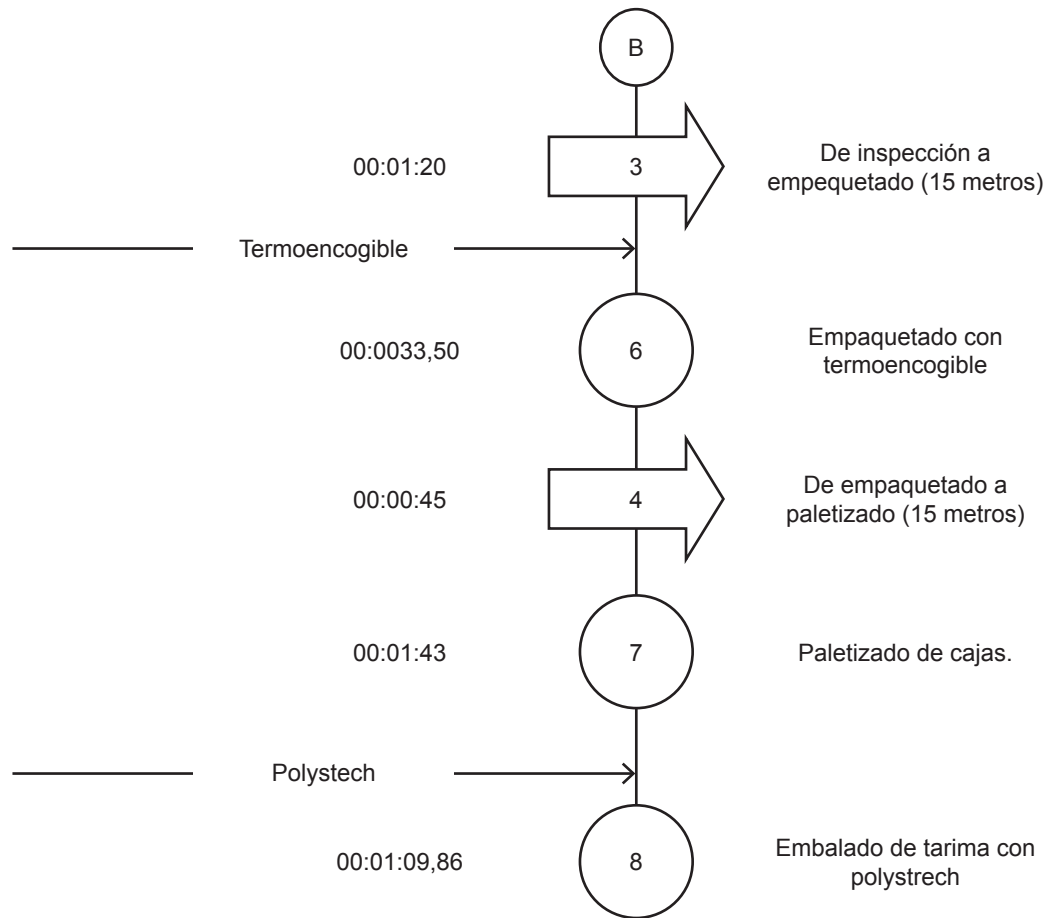
Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 9: DOP para la presentación 3 litros PET, situación propuesta.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	8	343,43	68
Inspección	1	3	
Transporte	4	255	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>601,43 seg.</b>	<b>68</b>
<b>Minutos</b>		<b>10,02 min.</b>	

Para esta presentación no existe diferencia significativa entre los tiempos de embotellado, dado los cambios en los insumos termoencogible y polystrech.

**Diagrama 10:** DOP para la presentación 2.5 litros PET, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

Presentación: 2.5 litros, PET.

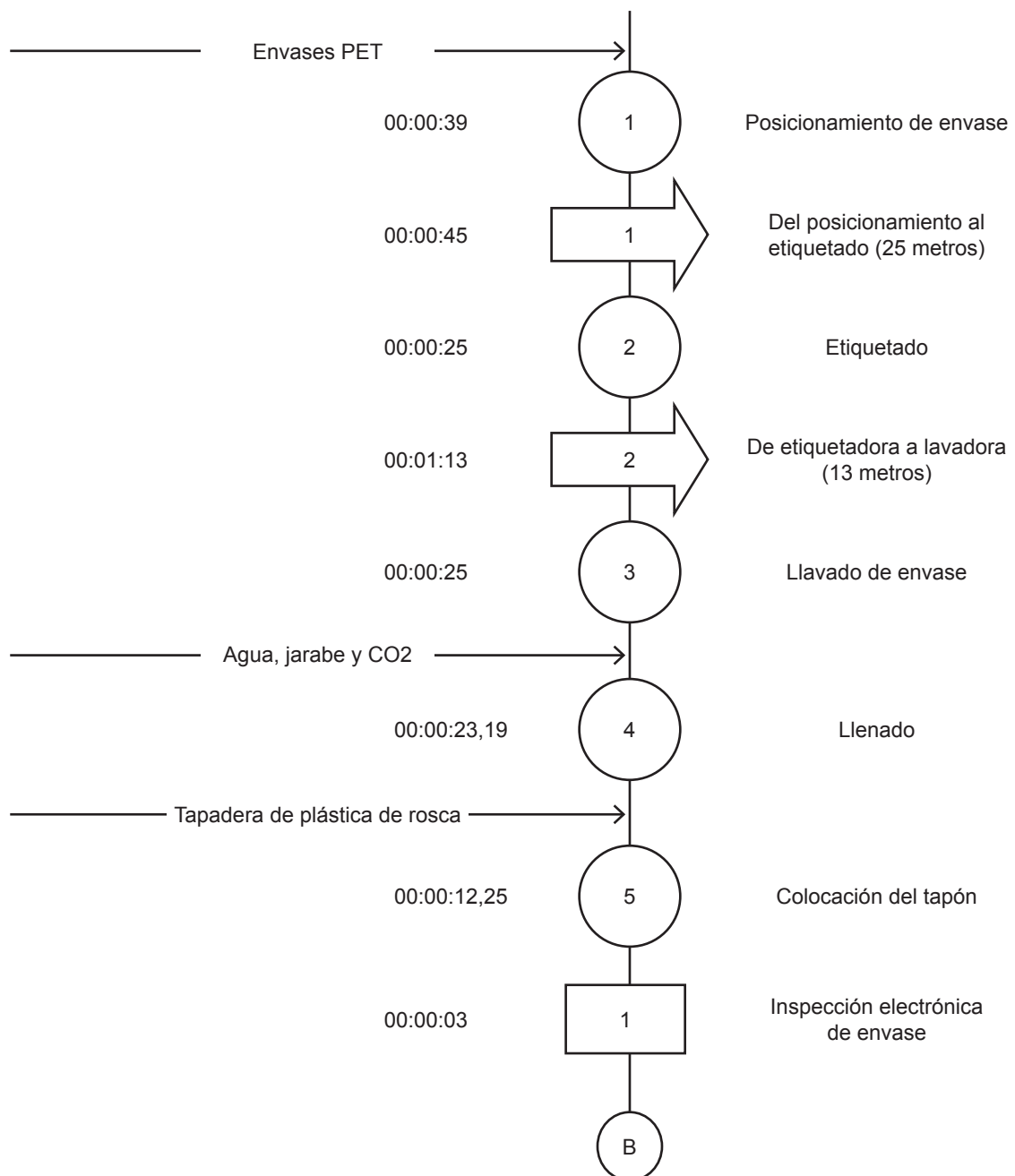
Línea de embotellado B.

\*Situación actual

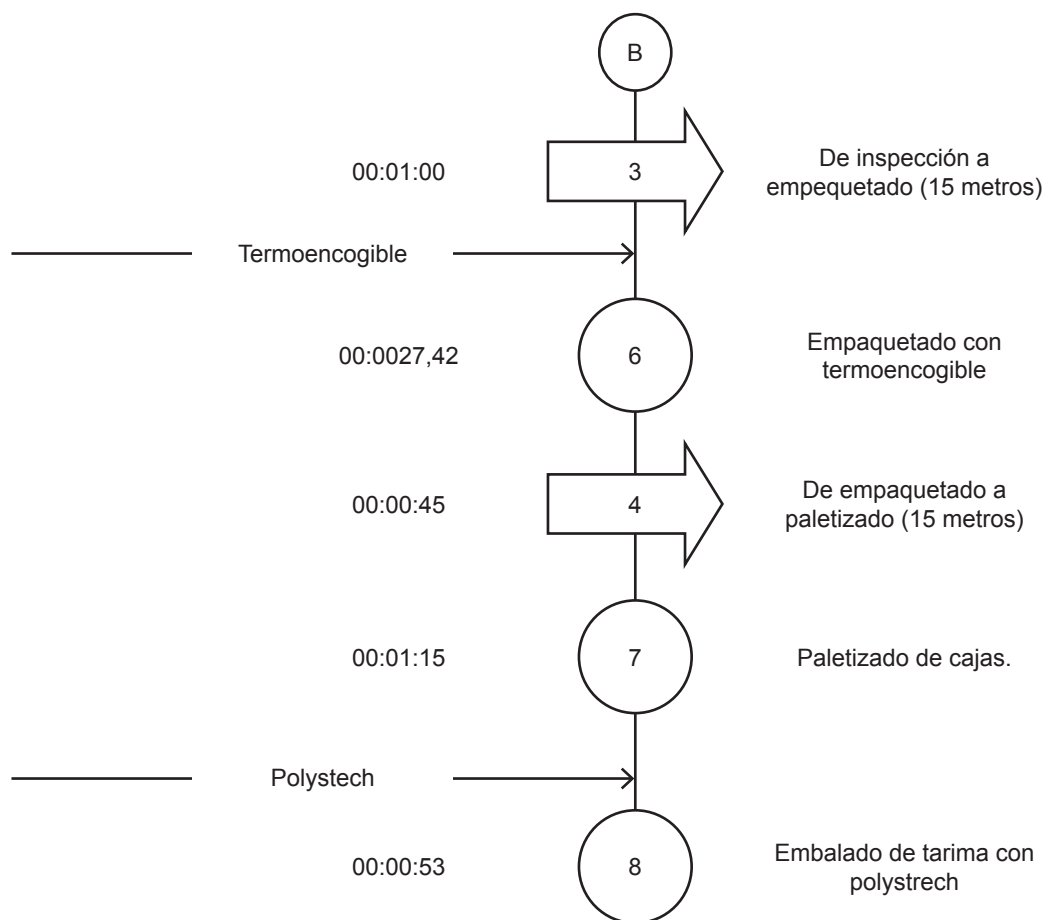
Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 10: DOP para la presentación 2.5 litros PET, correspondiente a la situación actual.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	8	279,86	68
Inspección	1	3	
Transporte	4	223	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>505,86 seg.</b>	<b>68</b>
<b>Minutos</b>		<b>8,043 min.</b>	

**Diagrama 11:** DOP para la presentación 2.5 litros PET, correspondiente a la Situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.

Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.

Presentación: 2.5 litros, PET.

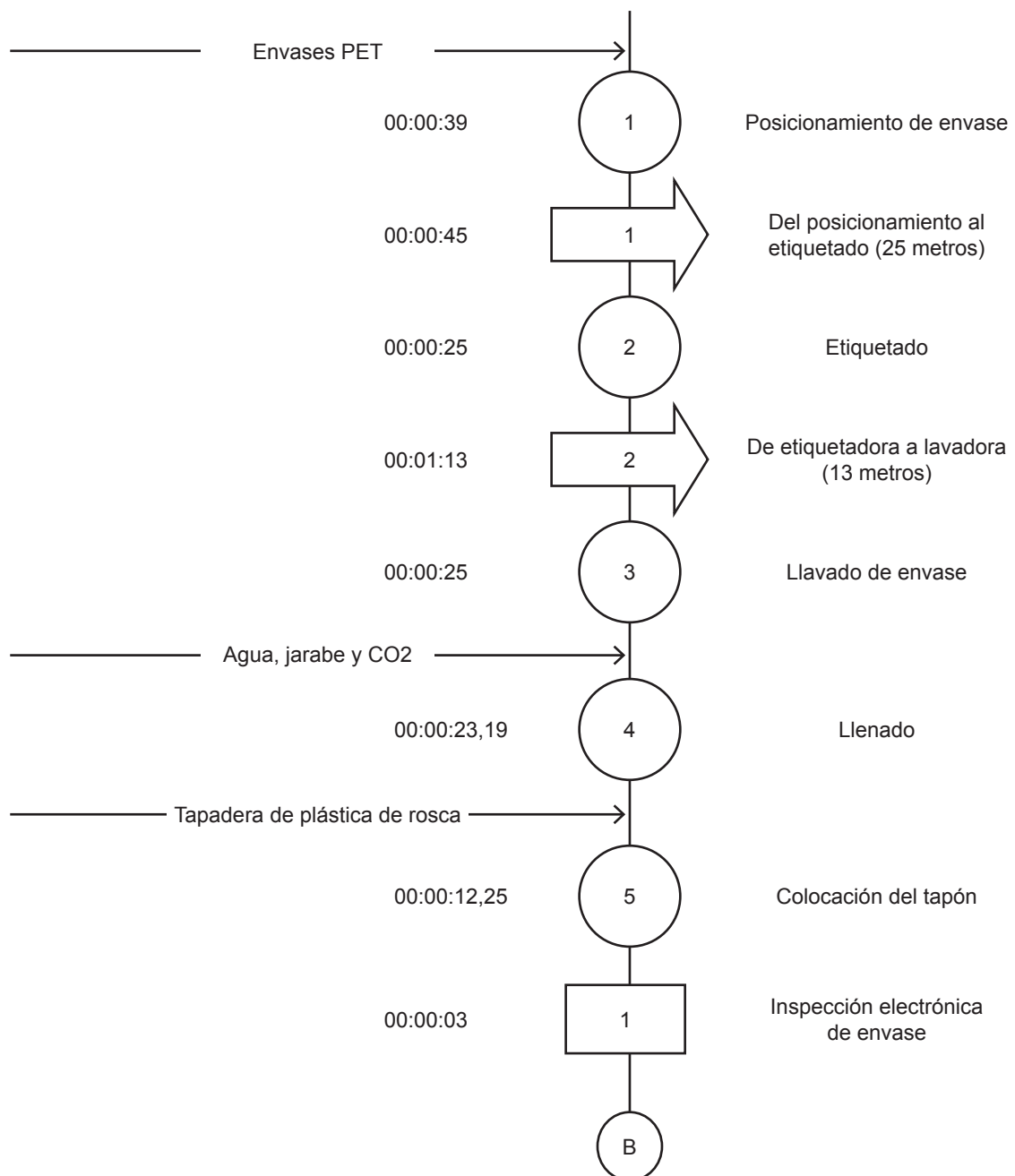
Línea de embotellado B.

\*Situación propuesta.

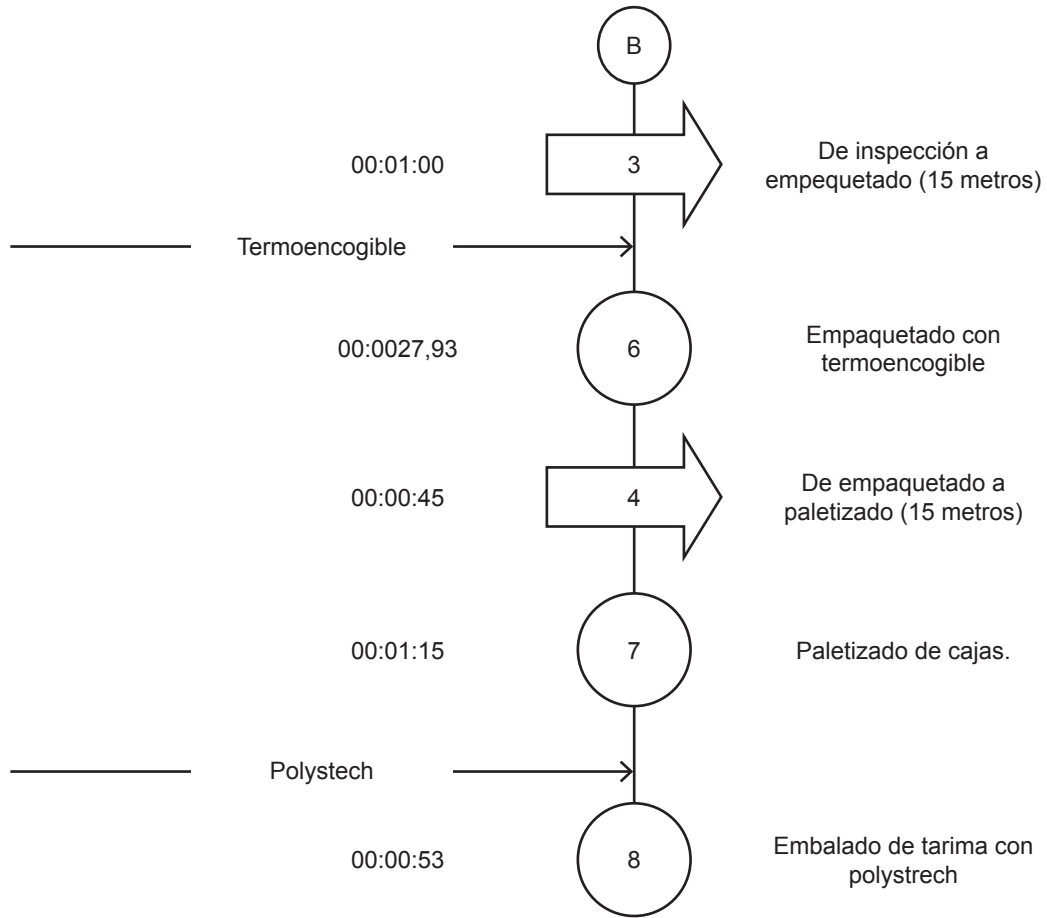
Realizado por: Alfonso Girón D.

25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 11: DOP para la presentación 2.5 litros, correspondiente a la situación propuesta.**



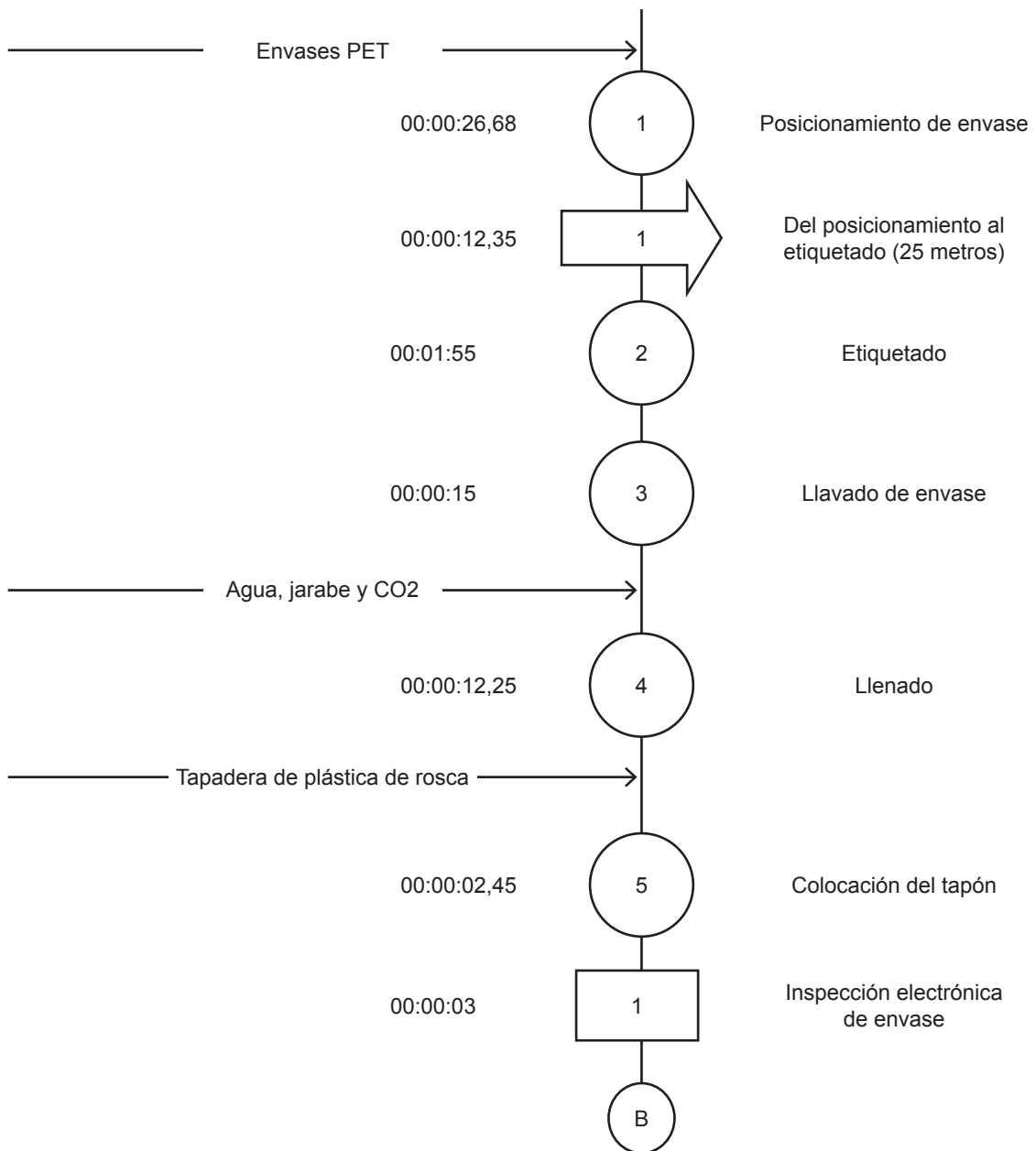
Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	8	280,37	68
Inspección	1	3	
Transporte	4	223	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>506,87 seg.</b>	<b>68</b>
<b>Minutos</b>		<b>8,44 min.</b>	

Los cambios hechos en el insumo termoencogible para esta presentación no repercuten en el tiempo de operación de la línea de embotellado. La diferencia fue de 0.01 minuto.

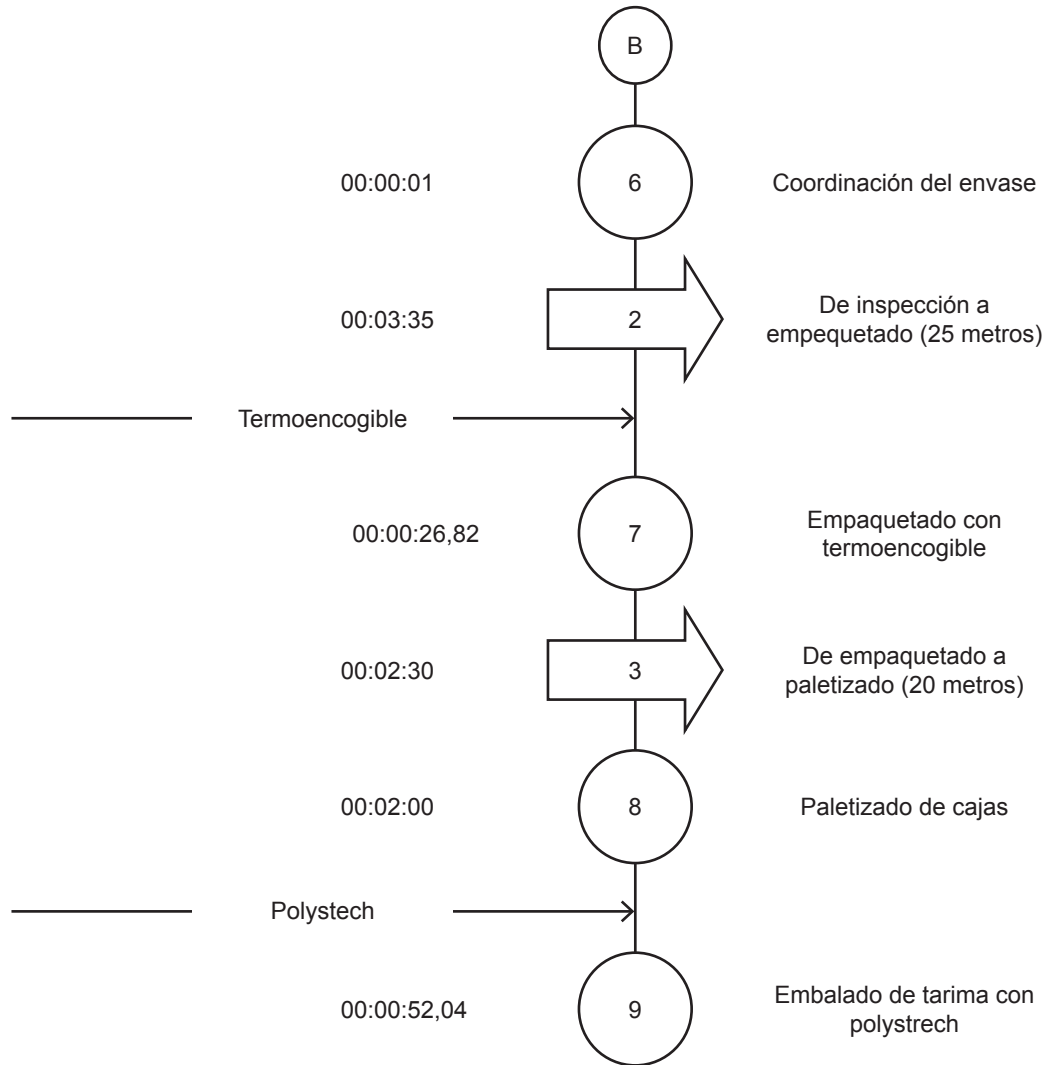
**Diagrama 12:** DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 12 onzas, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación actual  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 12: DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación actual.**

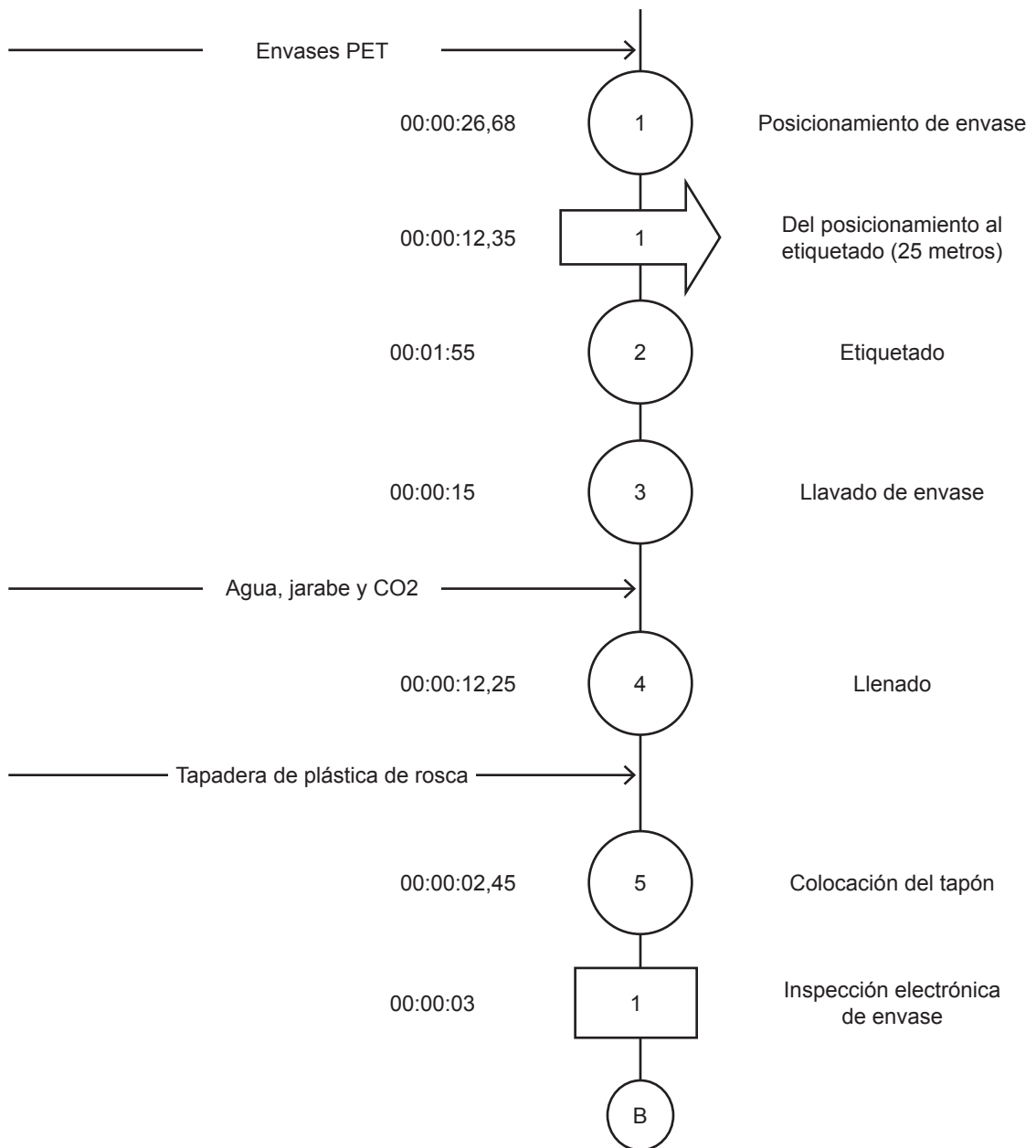


Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	371,24	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	377,35	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>751,59 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>12,265 min.</b>	

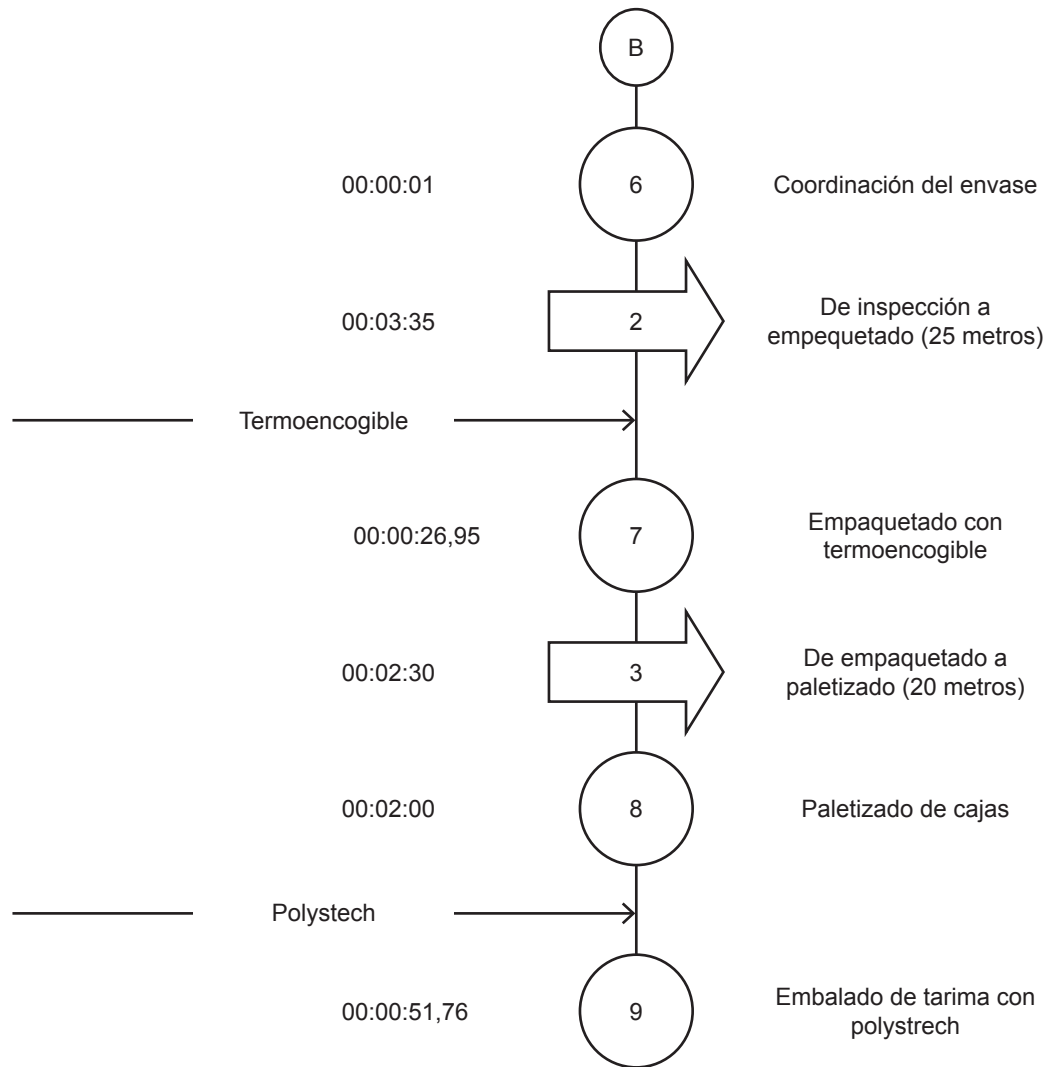
**Diagrama 13:** DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 12 onzas, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación propuesta.  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 13: DOP para la presentación 12 onzas PET, correspondiente a la situación propuesta.**



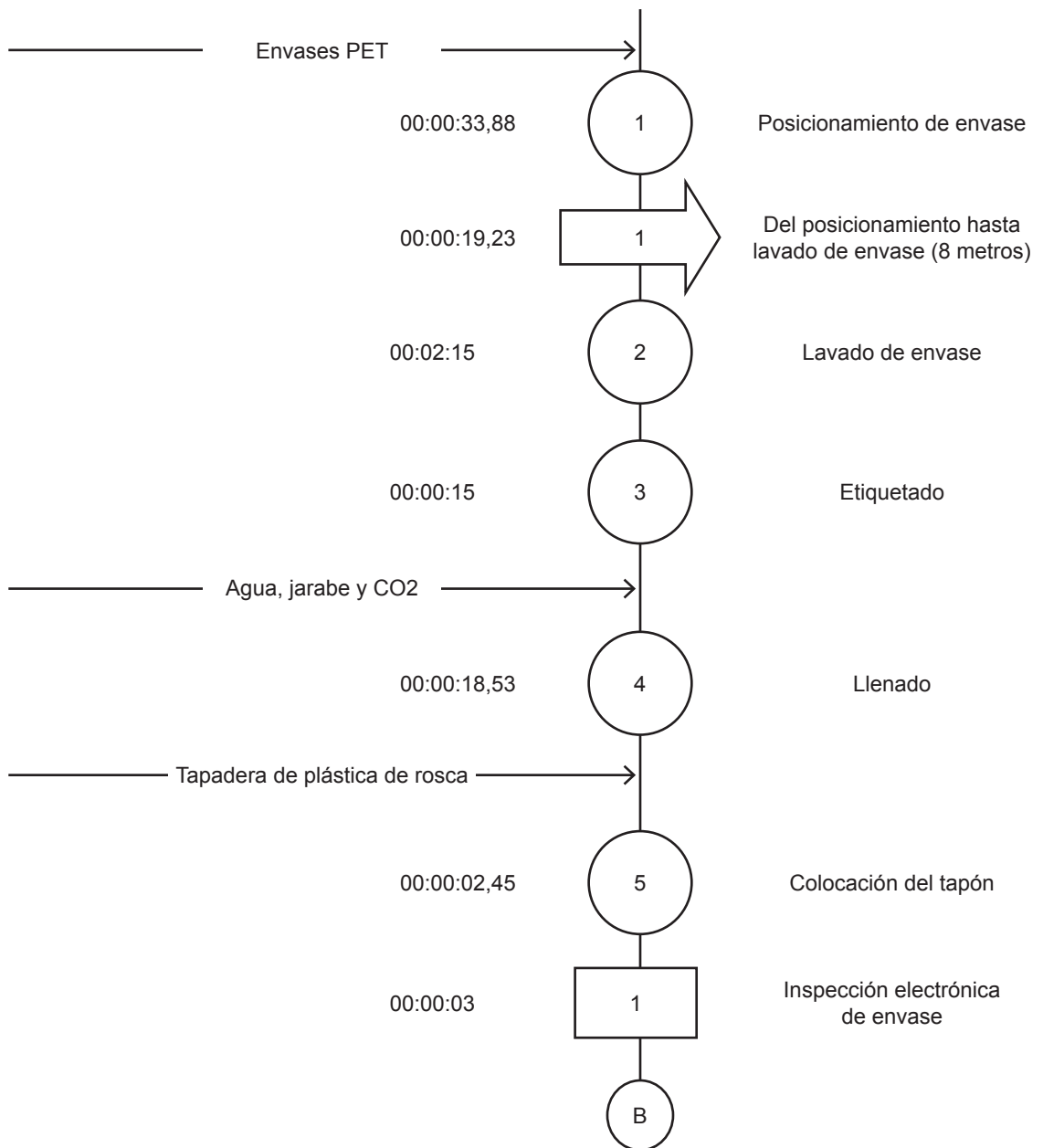
Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	371,09	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	377,35	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>751,44 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>12,524 min.</b>	

El cambio hecho en el polystrech aumenta en 15 segundos el tiempo de operación de la línea de embotellado correspondiente a esta presentación, lo cual no se considera significativo; por lo tanto se asume que no se modifica ningún tiempo de operación.

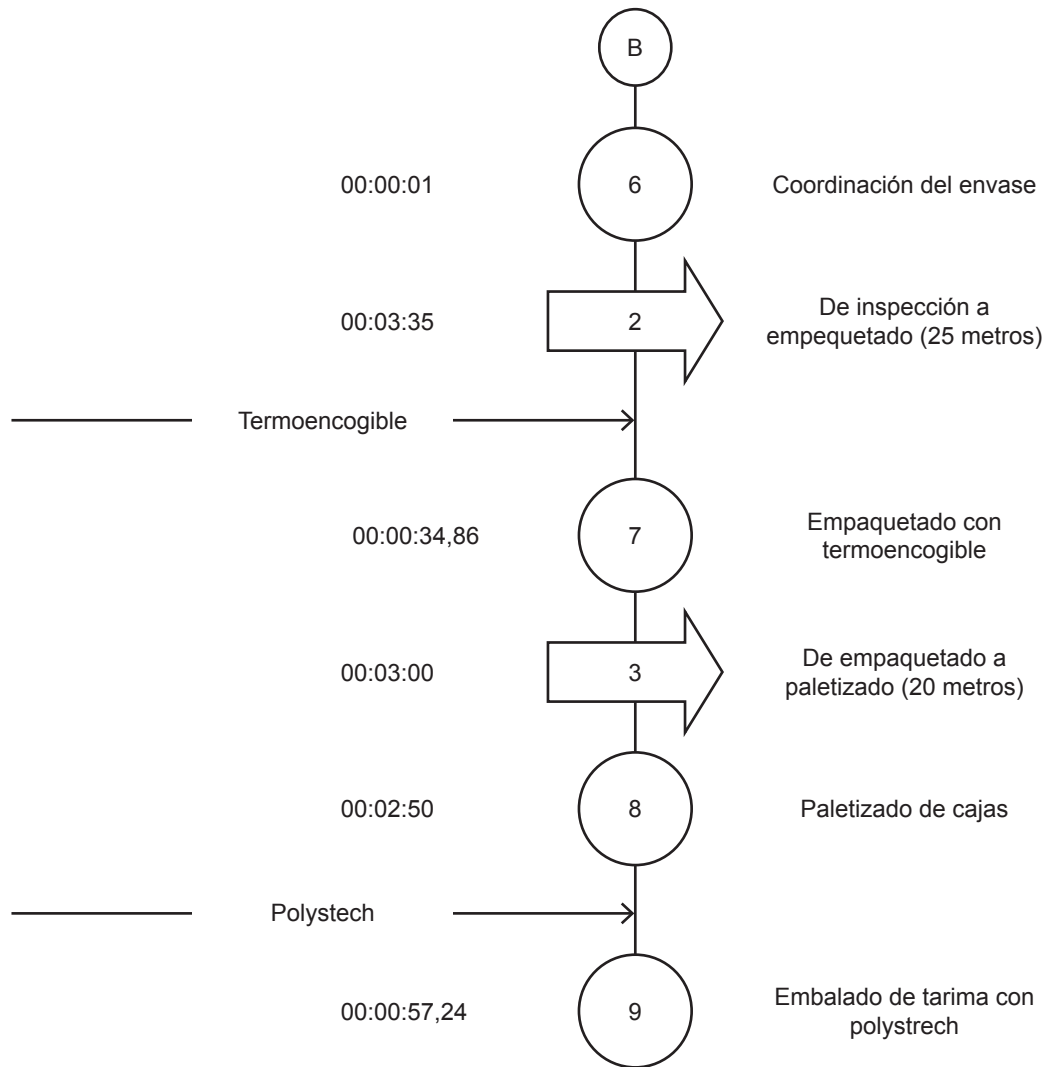
**Diagrama 14:** DOP para la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 600 ml, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación actual  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 14: DOP para la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación actual.**

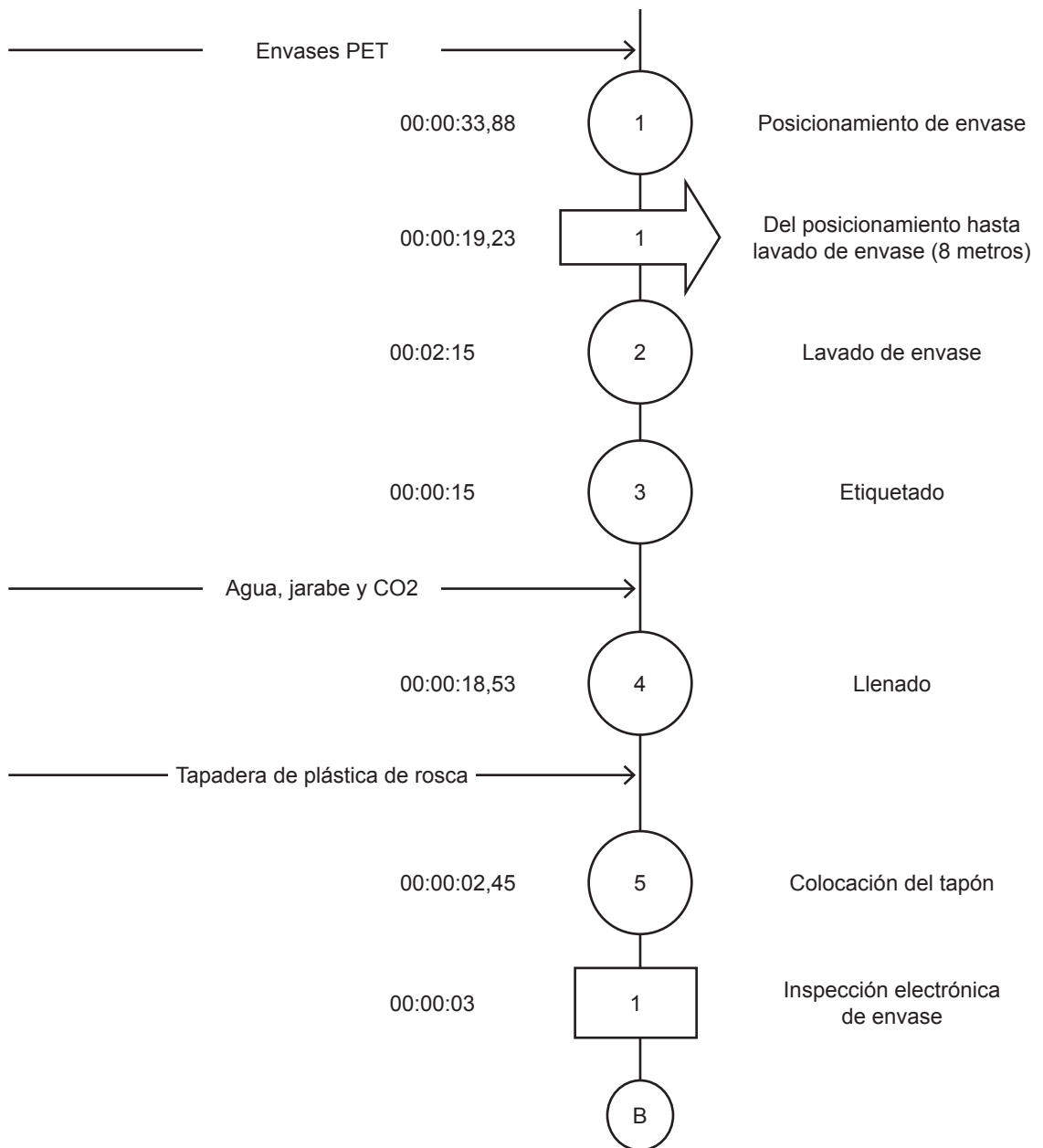


Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	467,96	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	414,23	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>885,19 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>14,75 min.</b>	

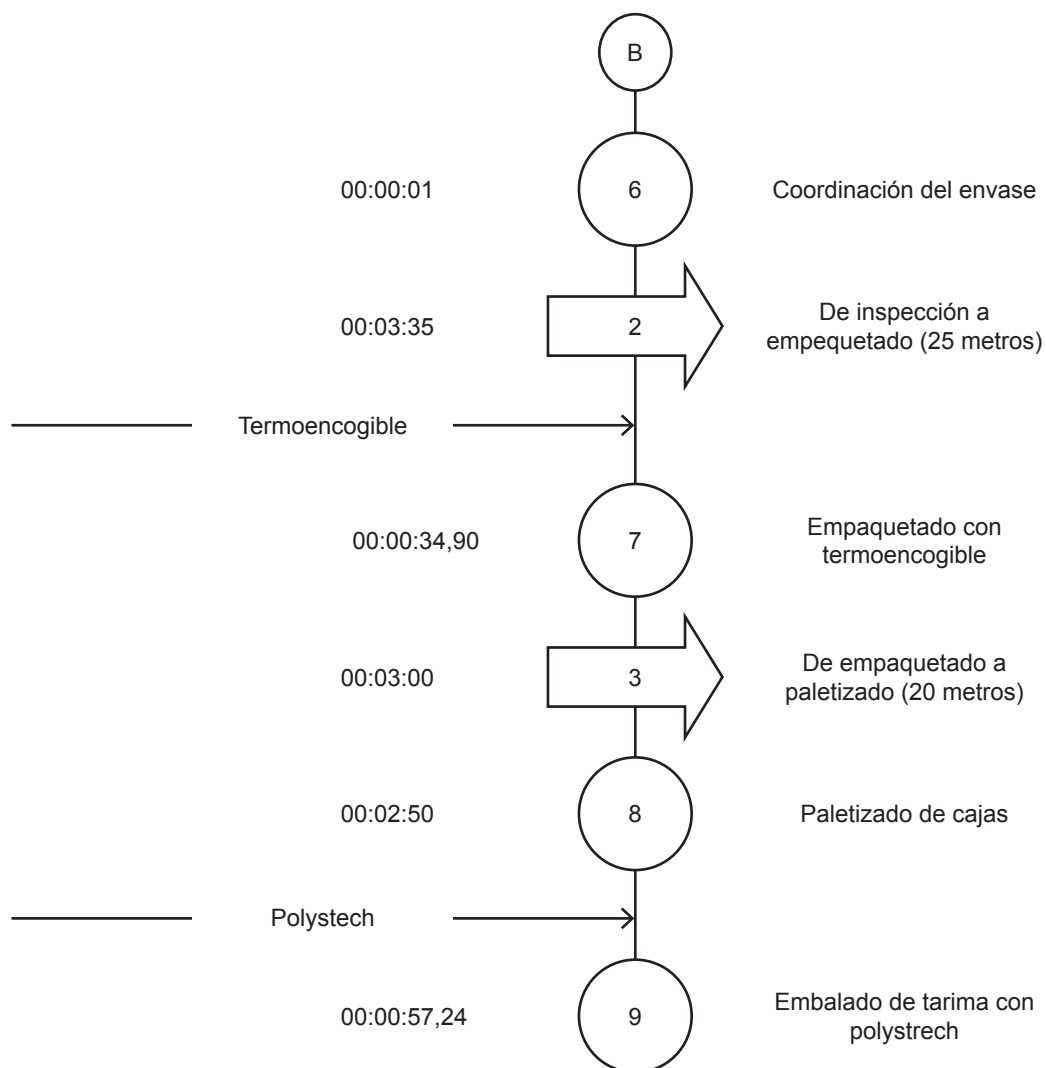
**Diagrama 15:** DOP para la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 600 ml, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación propuesta.  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 15:** DOP para a la presentación 600 ml PET, correspondiente a la situación propuesta.



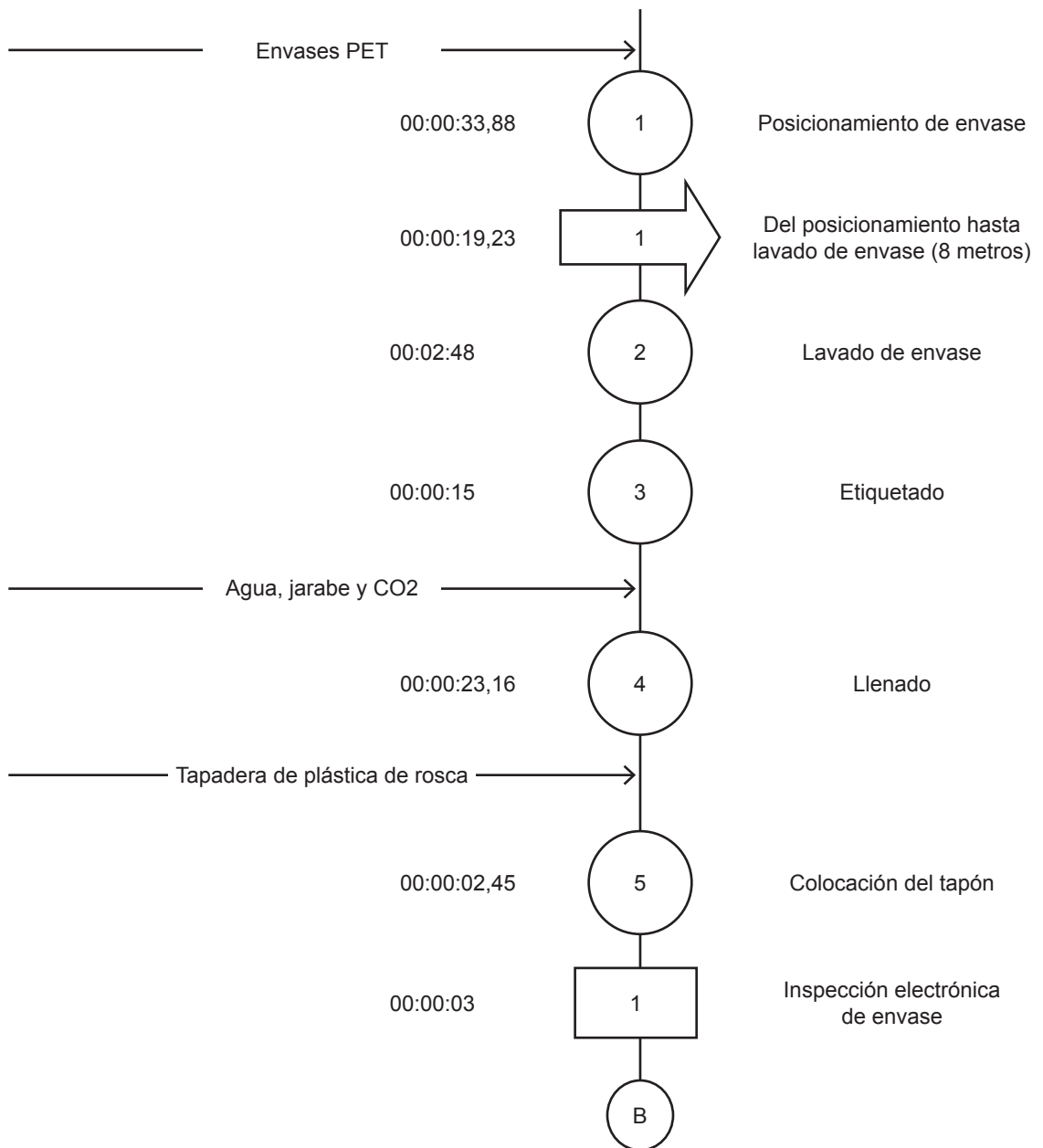
Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	468	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	414,23	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>885,23 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>14,75 min.</b>	

No hay diferencia en los tiempos de operación de embotellado luego de un cambio de dimensiones del termoencogible en esta presentación.

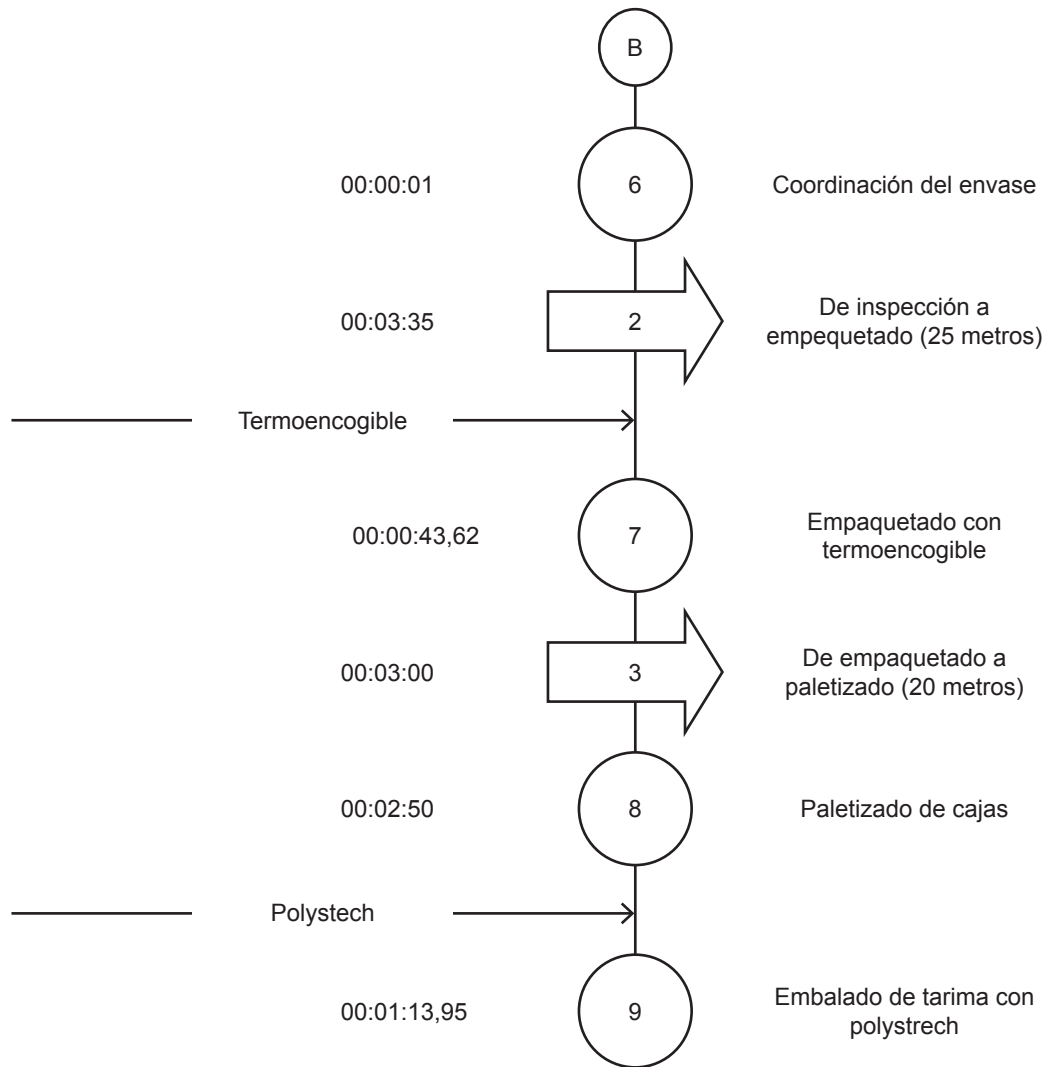
**Diagrama 16:** DOP para a la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación actual.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 750 ml, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación actual  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 16: DOP para la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación actual.**

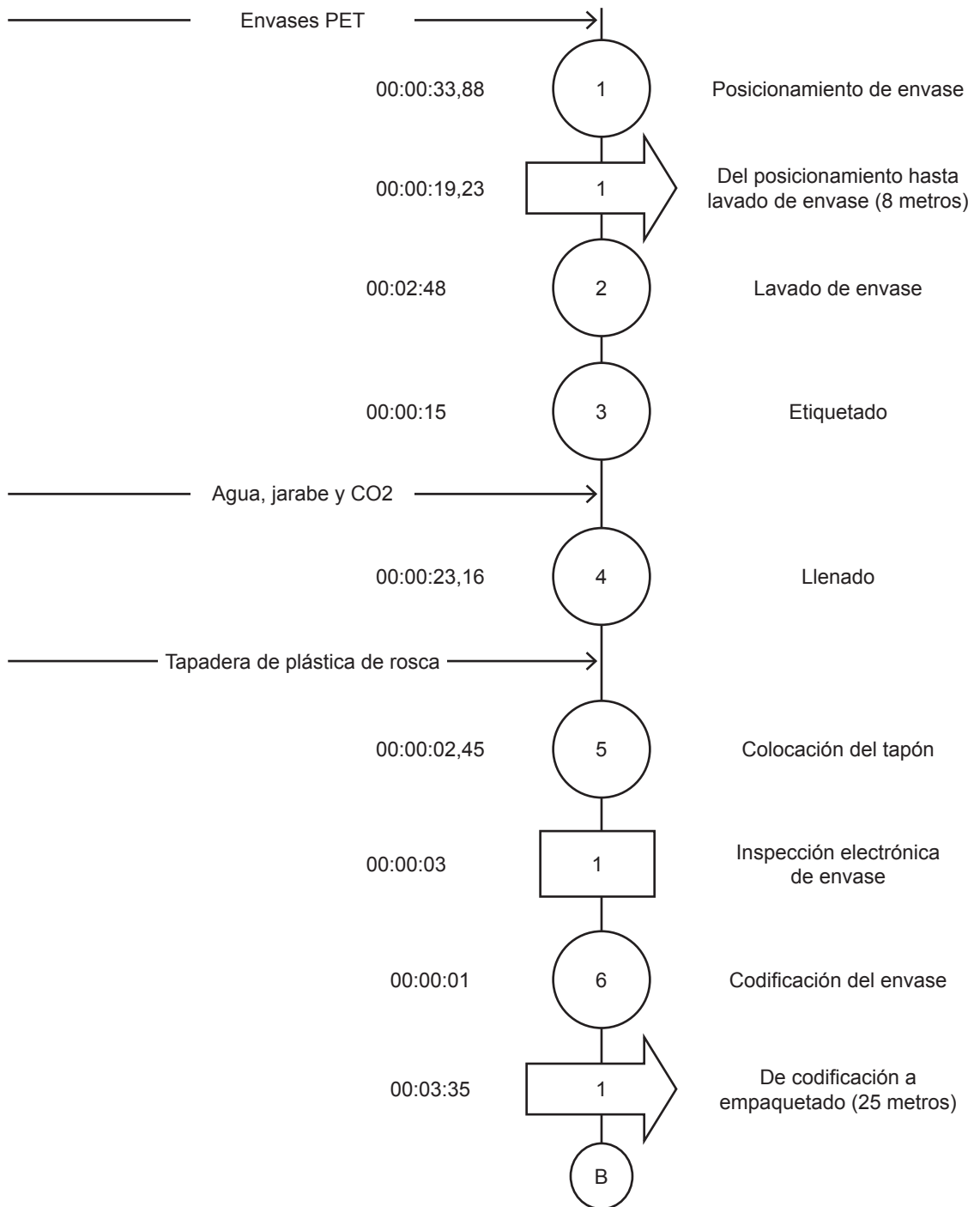


Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	531,06	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	414,23	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>948,29 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>15,80 min.</b>	

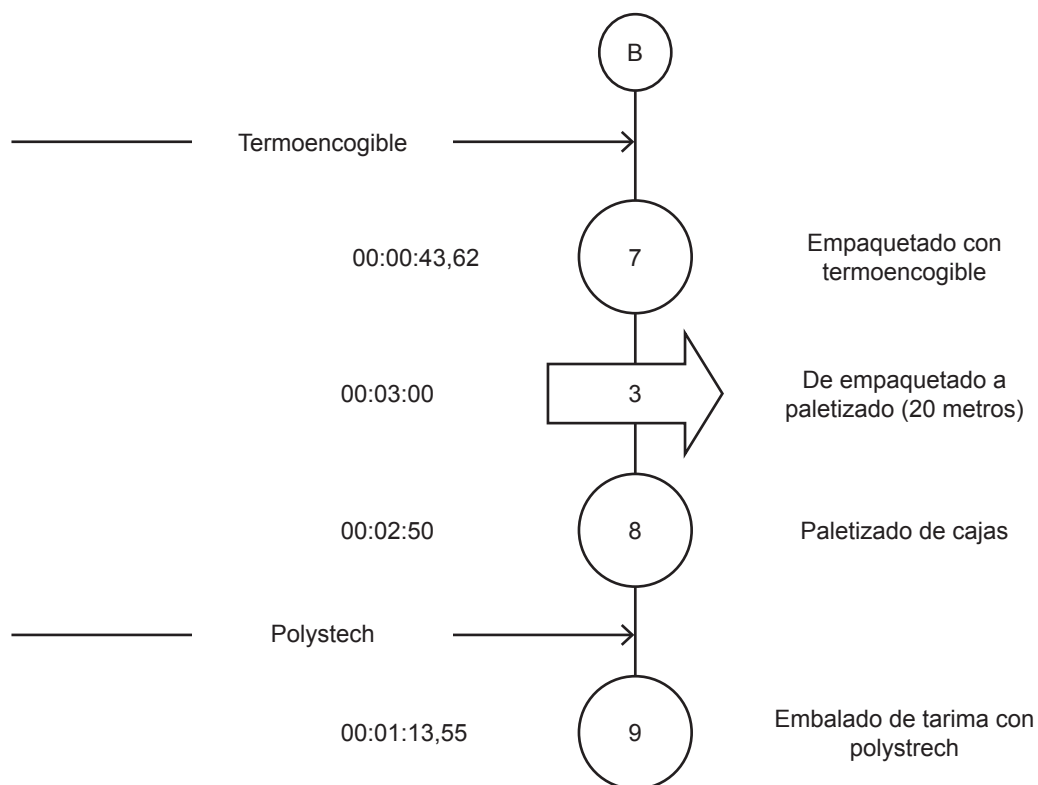
**Diagrama 17:** DOP para la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación propuesta.

Diagrama de Proceso Operativo, Embotelladora XYZ.  
 Proceso de embotellado de bebidas gaseosas.  
 Presentación: 750 ml, PET.  
 Línea de embotellado C.  
 \*Situación propuesta.  
 Realizado por: Alfonso Girón D.  
 25 de octubre de 2011

Desde posicionamiento de envase hasta embalado con polystrech.



**Continuación del diagrama 17: DOP para la presentación 750 ml PET, correspondiente a la situación propuesta.**



Resumen			
Evento	Número	Duración (seg)	Distancia (m)
Operación	9	530,06	53
Inspección	1	3	
Transporte	3	414,23	
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>947,89 seg.</b>	<b>53</b>
<b>Minutos</b>		<b>15,79 min.</b>	

El aumento de tensión del polystrech en las tarimas de esta presentación (situación propuesta) no modifica el tiempo del proceso de embalado ni tampoco de la línea de embotellado.

## X. MANEJO DEL CAMBIO

Con frecuencia se dice que las personas se resisten al cambio porque éste representa incertidumbre, nuevos hábitos y la creencia general que el cambio no es bueno, ni tampoco necesario. Durante la experiencia de estas reducciones, tanto de termoencogible como de polystrech, se observaron algunas resistencias a este cambio, y la mayoría giraban en torno a la falta de motivo, según ellos, de hacer estas reducciones porque actualmente el material funcionaba bien y no era necesario hacer ningún cambio. A continuación se presentan los problemas enfrentados para la propuesta realizada, por material:

### A. Polystrech:

Respecto a este material, se redujo el peso por tarima mediante un aumento en el preestiraje del material. Un material más tenso significa que está más propenso a una ruptura por algún pequeño defecto en el material o durante la operación de embalado en sí. Para los operadores de las máquinas envolvedoras, estos esporádicos rompimientos de la película de polystrech representan un paro de la máquina y requiere que ellos se dirijan hacia la misma para reinstalar la película correctamente y poder continuar con el proceso; por ello, los operadores prefieren trabajar con tensiones más bajas y así evitar el riesgo de dichas rupturas.

El cambio en este caso significó la no modificación de las frecuencias de preestiraje, principal factor que afecta el peso por tarima, y en algunos casos, la disminución de esta frecuencia para poder reducir el peso de polystrech por tarima, teniendo en cuenta un aumento de tensión en el material.

### B. Termoencogible:

Respecto al termoencogible se trabajó en la reducción de las dimensiones de los lienzos utilizados para las cajas de producto.

El problema enfrentado antes de las pruebas de las propuestas en las líneas de producción era el escepticismo a la funcionalidad de las nuevas dimensiones.

Actualmente, comentaban los operadores, son pocos los problemas que hay relacionados con este insumo, y reducir las dimensiones podría acentuar y ocasionar la aparición de nuevos defectos en la formación de las cajas. Aunque las personas que autorizaban la prueba del termoencogible con las nuevas dimensiones era el coordinador de la línea en donde se iba a llevar a cabo dicha prueba, era importante que los operadores supieran qué era lo que se estaba haciendo y por qué. En algunos casos fue laborioso convencerlos de que la funcionalidad del material iba a seguir siendo la misma, porque algunos pensaban que el cambio era drástico y que los paquetes podrían salir mal formados, lo que provocaría la devolución de los paquetes de nuevo a la Embotelladora.

El manejo del cambio en este punto consistió en eliminar los prejuicios y a concluir en base a las pruebas hechas directamente en la línea de producción.

Para reducir la resistencia al cambio se trabajó de la siguiente manera para ambos materiales:

### **C. Participación de los operadores en todas las actividades que involucraran un cambio**

En el caso del termoencogible, antes de cualquier aviso de prueba de nuevas dimensiones, se pidió la opinión del operador respecto al empaque con este material de una presentación específica. A partir de ahí se guió al mismo para que propusiera una nueva dimensión para el lienzo, y a partir de este punto llegar a una conclusión en base a las dimensiones que ya se tenían previamente establecidas (antes de la consulta).

Respecto al polystrech, se aumentaba la tensión deseada para lograr un aumento de preestiraje y se dejaba que varias tarimas tuvieran esa configuración; luego se determinaba el peso del polystrech en una de las tarimas con el cambio y se verificaba que se cumpliera con los demás estándares (por ejemplo, fuerzas

en la tarima). Se hacía notar al operador del cambio y se obtenían cálculos de rendimiento por rollos para determinar la diferencia del estado anterior con el actual. De no haber ningún problema relacionado con rompimiento de la película se hacían pasar todos los rollos correspondientes a la prueba. Haciendo esto repetidas veces en varias presentaciones se lograba que los operadores tomaran conciencia de la importancia de reducir costos a través de la disminución del peso por tarima.

#### **D. Enfoque de reducción de costos**

Es importante que todos los empleados, principalmente los relacionados con las operaciones de polystrech y termoencogible sepan que pequeños ahorros representan, desde el punto de vista económico, ahorros importantes en el largo plazo debido al volumen de utilización de ambos insumos en las líneas de producción. El objetivo del estricto control de ambos insumos se trata de reducir costos, que es una de las dos formas de aumentar las utilidades de la empresa (aparte del aumento de los ingresos) y, además, mejora la ventaja competitiva de la empresa. Para lograr esta comunicación efectiva se apoyó de la confianza desarrollada con los operadores para convencerles de que ellos forman parte del cambio en la organización y que dicho cambio está orientado los intereses de la misma.

## XI. ANÁLISIS FINANCIERO

Este análisis tiene como objetivo evaluar el ahorro de la reducción del consumo de insumos, primero para el termoencogible y luego para el polystrech. Las tablas incluidas claramente se dividen en dos partes, la primera representando la situación actual y, la segunda, la propuesta de ahorro.

Los elementos más importantes en ellas son los factores de consumo, cuya comparación evidencia el ahorro generado en términos de consumo.

El ahorro total presentado en este trabajo se logrará si se implementan todas las propuestas presentadas utilizando los factores mencionados. Dicho ahorro se obtuvo a través de la comparación del consumo de material, con base en los pronósticos de las producciones proporcionados por la embotelladora.

A modo de ejemplo, el procedimiento seguido para determinar el ahorro fue:

- Presentación del factor actual utilizado en una presentación  
X:  $factor=0,08900$  kg/caja
- Producciones anuales (o cuatrimestrales, en el caso de algunas tablas) para dicha presentación: 400,000 cajas
- Nuevo factor de consumo (propuesta de mejora):  $factor=0,08409$  kg/caja
- Comparación de consumo a través de los factores:
  - consumo actual= $0,08900kg/caja*400,00$  cajas= $35,600$  kg
  - consumo propuesto= $0,08409$  kg/caja\* $400,000$  cajas= $33,636$  kg
  - Diferencia del consumo =  $35,600$  kg- $33,636$  kg= $1,964$  kg
  - Traduciéndolo a unidades monetarias, asumiendo que el costo por kilogramo es de \$1,5:  $1,964$  kg\* $1.5$  \$/kg= $\$2,946$  de *ahorro anual por reducción del factor*

Es importante señalar que la propuesta presenta el valor presente del ahorro al 1 de septiembre del 2011. Por esto mismo, los ahorros se trabajaron en dos partes: la correspondiente a los últimos cuatro meses del 2011 y todo el año 2012.

Ese horizonte temporal fue escogido por la fluctuación del costo tanto del kilogramo de termoencogible como de polystrech, por lo que se consideró prudente y real extender la comparación a un año de la implementación.

Los factores presentados fueron obtenidos, en su mayoría, de forma experimental a partir de las pruebas presentadas secciones atrás.

Los ahorros generados en base a la propuesta de nuevos factores para ambos materiales, considerados como valores futuros, fueron traídos al presente (1 de septiembre de 2011) para poder obtener el Valor Presente Neto. Para hacer este cálculo se utilizó, como tasa, la TMAR (tasa mínima atractiva de retorno), que para la empresa es del 1,25% mensual (este dato fue proporcionado por personal de la embotelladora). Luego de traer el ahorro a la fecha mencionada, se descontó una inversión inicial para obtener el valor VAN. Dicha inversión consistió en los recursos empleados en los materiales para la realización de pruebas, tiempo del personal involucrado y energía consumida del equipo.

### A. Inversión inicial

Las tablas siguientes muestran los gastos incurridos en la embotelladora para poder obtener los nuevos factores de consumo para ambos insumos.

#### 1. Termoencogible

**Tabla 31:** Inversión inicial en material para las pruebas de termoencogible.

INVERSIÓN INICIAL				
Presentación	número de cajas por 5 rollos	factor	Kilogramos	Costo
600 ml	7000	0,036940 kg / Caja	258,58	\$581,81

**Continuación Tabla 31.**

12 onzas	8500	0,033000 kg / Caja	280,50	\$631,13
2.5 litros	9500	0,047500 kg / Caja	451,25	\$1.015,31
3 litros	10500	0,042164 kg / Caja	442,73	\$996,13
10.5 onzas lata	10705	0,032050 kg / Caja	343,10	\$771,96
12 onzas lata	8170	0,042000 kg / Caja	343,14	\$772,06
<b>SUMA</b>				<b>\$4.768,40</b>
				<b>Q.37.384,23</b>

**Tabla 32:** Cuantificación del tiempo del personal involucrado en las pruebas de nuevas dimensiones de termoencogible.

Tiempo del personal	Horas	costo por hora (Q)	Total (Q)
Tiempo del autor	16,5	28,41	468,75
Tiempo personal de calidad	3,66667	28,41	104,17
Tiempo Jefe de Proyectos	1,83333	102,273	187,5
Tiempo operadores (4)	210	26,042	5468,75
<b>Total</b>	<b>232,00</b>		<b>6229,17</b>

**Tabla 33:** Cuantificación del consumo de energía utilizada para las pruebas de termoencogible en las líneas de producción

Consumo de energía	Tiempo (horas)	Consumo (kwh)	Precio kwh	Total (Q)
L1	15	142,2	1,98	4223,34
L5	15	203,59	1,98	6046,623
L8	22,5	209,25	1,98	9322,0875
<b>Total</b>	<b>52,5</b>	<b>555,04</b>	<b>1,98</b>	<b>19592,05</b>

La inversión inicial para el termoencogible es de Q. 63.205,45.

## 2. Polystrech

**Tabla 34:** Inversión en material para las pruebas de polystrech

Material	Rollos por prueba	Número Pruebas	Rollos consumidos	Peso (kg)	Costo (\$)	Costo (Q)
Material de nuevo proveedor	5	2	10	136,4	384,648	3015,64
Material de proveedor actual, pruebas varias	5	5	25	391	1102,62	8644,54
<b>Total</b>						<b>11660,18</b>

**Tabla 35:** Cuantificación del tiempo del personal involucrado en las pruebas de polystrech

Tiempo del personal	Horas	costo por hora (Q)	Total (Q)
Tiempo del autor	4,88	28,41	138,49
Tiempo personal de calidad	0,41667	28,41	11,84
Tiempo Jefe de Proyectos	0,50	102,273	51,14
Tiempo operadores (1)	18,75	26,042	488,28
<b>Total</b>	<b>24,54</b>		<b>689,75</b>

**Tabla 36:** Cuantificación del consumo de energía utilizada para las pruebas en las máquinas involucradas.

Consumo de energía	Tiempo (horas)	Consumo (kwh)	Precio kwh (Q)	Total (Q)
L1	7,5	2,2	1,98	32,67
L5	3,75	2,2	1,98	16,335
L8	7,5	2,2	1,98	32,67
<b>Total</b>	<b>18,75</b>	<b>6,6</b>	<b>1,98</b>	<b>81,68</b>

Respecto al polystrech, la inversión inicial fue de Q12.431,61.

El monto total considerado como inversión inicial en ambos insumos es de Q. 75.637,05.

Es importante señalar que dicha inversión será aportada por la empresa. Para la realización de este trabajo no se incurrió en la contratación nuevos empleados ni en compra de nueva maquinaria.

**Tabla 37:** Ahorros generados por la reducción de factores de termocongelable en las producciones del último cuatrimestre del año 2011.

Línea	Presentación	Actual		Nuevo				Kilogramos a consumir	Factor (kg / caja)	Diferencia de consumo (kg)	Ahorro (\$)	Ahorro (Q)	Distribución del ahorro
		Características del material		Características del material		Kilogramos a consumir	Factor (kg / caja)						
		Ancho	Micraje	Ancho	Micraje								
8	600 ML Baja carbonatación	830 mm	50 micras	810 mm	50 micras	4161,40	0,03694	112652,98	204,18	459,41	3601,80	0,72	
8	600 ML Alta carbonatación	830 mm	50 micras	810 mm	50 micras	8677,48	0,03748	231523,04	544,66	1225,48	9607,77	1,91	
8	600 ML Propietaria	830 mm	50 micras	810 mm	50 micras	8761,53	0,03798	230688,00	658,04	1480,58	11607,78	2,31	
8	Refresco 600 ml	830 mm	50 micras	810 mm	50 micras	28785,95	0,03670	784358,20	1233,40	2775,16	21757,23	4,33	
8	Agua pura 600 ml	830 mm	50 micras	810 mm	50 micras	1154,59	0,03709	31129,53	50,74	114,17	895,07	0,18	
8	500 ML jugo	830 mm	50 micras	780 mm	50 micras	11528,41	0,03530	326583,89	1215,22	2734,24	21436,46	4,26	
5	2.5 LITROS Todos los sabores	560 mm	76 micras	560 mm	65 micras	15600,64	0,04750	328434,60	2572,67	5788,51	45381,93	9,02	
1	10.5 OZ Adrenaline	560 mm	60 micras	530 mm	60 micras	16579,91	0,03205	517314,04	852,50	1918,12	15038,03	2,99	
8	12 OZ Todos los sabores	810 mm	50 micras	760 mm	45 micras	33380,55	0,03300	1011531,87	5713,71	12855,86	100789,91	20,04	
5	3 Litros carbonatada	580 mm	65 micras	560 mm	65 micras	130221,44	0,04216	3088426,61	5857,94	13180,37	103334,10	20,55	
1	Lata Sin Hi-Cone (12 onzas) Gaseosa	590 mm	76.2 micras	580 mm	65 micras	64054,23	0,04200	1525115,15	9607,16	21616,11	169470,26	33,70	
<b>TOTAL</b>											<b>502.920,35 GTQ</b>		

**Tabla 38:**

Ahorros generados por la reducción de factores de termoencogible para las producciones del año 2012.

Línea	Presentación	Actual		Nuevo		Año 2012					Distribución del ahorro	
		Características del material		Kilogramos a consumir	Características del material		Factor (kg / caja)	Kilogramos a consumir	Diferencia de consumo (kg)	Ahorro (\$)		Ahorro (Q)
		Ancho	Micraje		Ancho	Micraje						
8	600 ML Baja carbonatación	830 mm	50 micras	23039,66	810 mm	50 micras	0,03694	21909,20	1130,47 Kg	\$ 2.543,55	19.941,41 GTQ	1,33
8	600 ML Alta carbonatación	830 mm	50 micras	29155,44	810 mm	50 micras	0,03748	27325,45	1829,99 Kg	\$ 4.117,49	32.281,10 GTQ	2,16
8	600 ML Propietaria	830 mm	50 micras	32038,55	810 mm	50 micras	0,03798	29632,28	2406,27 Kg	\$ 5.414,10	42.446,52 GTQ	2,84
8	600 ml Agua pura	830 mm	50 micras	4641,94	810 mm	50 micras	0,03709	4437,94	204,00 Kg	\$ 459,00	3.598,56 GTQ	0,24
8	600 ml Refresco	830 mm	50 micras	4161,30	810 mm	50 micras	0,03670	3983,00	178,30 Kg	\$ 401,18	3.145,23 GTQ	0,21
8	500 ML jugo	830 mm	50 micras	37707,91	780 mm	50 micras	0,03530	33733,09	3974,82 Kg	\$ 8.943,34	70.115,81 GTQ	4,69
5	2.5 LITROS Todos los sabores	560 mm	76 micras	46926,00	560 mm	65 micras	0,04750	39187,52	7738,48 Kg	\$ 17.411,57	136.506,72 GTQ	9,14
1	10.5 OZ Adrenaline	560 mm	60 micras	49044,56	530 mm	60 micras	0,03205	46522,81	2521,74 Kg	\$ 5.673,92	44.483,57 GTQ	2,98
8	12 OZ Todos los sabores	810 mm	50 micras	82057,41	760 mm	45 micras	0,03300	68011,73	14045,68 Kg	\$ 31.602,78	247.765,80 GTQ	16,59
5	3 LITROS CARBONATADA	580 mm	65 micras	416522,95	560 mm	65 micras	0,04216	397785,89	18737,06 Kg	\$ 42.158,39	330.521,81 GTQ	22,13
1	Lata Sin Hi-Cone (12 onzas) Gaseosa	590 mm	76,2 micras	212784,85	580 mm	65 micras	0,04200	180870,36	31914,48 Kg	\$ 71.807,59	562.971,50 GTQ	37,69
<b>TOTAL</b>											<b>1.493.778,01 GTQ</b>	

**Tabla 39:** ahorros generados por la reducción de factores de polystrech en las producciones del último cuatrimestre del año 2011

Línea	Presentación	Actual			Nuevo			Año 2012						
		Características del material		Rendimiento por rollo (tarimas / rollo)	Producciones (cajas)	Kilogramos a consumir	Características del material		Rendimiento por rollo (tarimas / rollo)	Kilogramos a consumir	Diferencia de consumo	Ahorro (\$)	Ahorro (Q)	Distribución del ahorro
		Peso por tarima (kg / tarima)	Factor (kg / caja)				Factor (kg / caja)							
1	Lata 10.5 onzas no carbonatada	0,240	0,002182	65	581251,73	1268,19	0,230	0,001769	68	1028,37	239,82 Kg	\$ 676,28	5.302,07 GTQ	6,57
1	Lata 12 onzas carbonatada	0,210	0,002100	74	1713612,53	3598,59	0,203	0,002030	77	3478,63	119,95 Kg	\$ 338,27	2.652,01 GTQ	3,29
5	PET 3 Litros Carbonatada	0,416	0,006933	38	3221142,26	22333,25	0,365	0,006083	43	19595,28	2737,97 Kg	\$ 7.721,08	60.533,25 GTQ	75,05
8	PET 12 onzas carbonatada	0,274	0,003806	57	1137025,46	4327,01	0,246	0,003417	63	3884,84	442,18 Kg	\$ 1.246,94	9.775,99 GTQ	12,12
8	PET 750 ml Agua	0,363	0,007260	43	416759,80	3025,68	0,350	0,007000	45	2917,32	108,36 Kg	\$ 305,57	2.395,66 GTQ	2,97
<b>TOTAL</b>												<b>80.658,98 GTQ</b>		

**Tabla 40:** Ahorros generados por la reducción de factores de polystyrech para las producciones del año 2012

Línea	Presentación	Actual			Nuevo			Año 2012						
		Características del material		Rendimiento por rollo (tarimas / rollo)	Producciones 2012 (cajas)	Kilogramos a consumir	Características del material		Rendimiento por rollo (tarimas / rollo)	Kilogramos a consumir	Diferencia de consumo	Ahorro (\$)	Ahorro (Q)	Distribución del ahorro
		Peso por tarima (kg / tarima)	Factor (kg / caja)					Factor (kg / caja)						
1	Lata 10.5 onzas no carbonatada	0,240	0,002182	65	1361923,76	2971,47	0,230	0,001769	68	2409,56	561,91 Kg	\$ 1.584,59	12.423,21 GTQ	5,98
1	Lata 12 onzas carbonatada	0,210	0,002100	74	4509055,14	9469,02	0,203	0,002030	77	9153,38	315,63 Kg	\$ 890,09	6.978,29 GTQ	3,36
5	PET 3 Litros Carbonatada	0,416	0,006933	38	8791920,25	60957,31	0,365	0,006083	43	53484,18	7473,13 Kg	\$ 21.074,23	165.221,99 GTQ	79,54
8	PET 12 onzas carbonatada	0,274	0,003806	57	1944413,71	7399,57	0,246	0,003417	63	6643,41	756,16 Kg	\$ 2.132,37	16.717,81 GTQ	8,05
8	PET 750 ml Agua	0,363	0,007260	43	1111947,10	8072,74	0,350	0,007000	45	7783,63	289,11 Kg	\$ 815,28	6.391,79 GTQ	3,08
<b>TOTAL</b>												<b>207.733,09 GTQ</b>		

## B. Repercusión del ahorro:

A partir de la diferencia de consumo presentado en esta propuesta se estableció cuánto representa ese ahorro respecto al consumo de ambos insumos en la embotelladora tomando en cuenta el mismo horizonte temporal.

Para ello, se siguió el siguiente procedimiento:

$$\frac{(\textit{kilogramos de material ahorrados con la propuesta})}{(\textit{kilogramos consumidos en la Embotelladora})} *100$$

*=% de ahorro respecto al total*

Otra forma para calcular el mismo resultado consiste en considerar los kilogramos consumidos por la embotelladora como el 100%, y luego, empleando regla de tres, encontrar qué porcentaje representa la disminución del consumo respecto a ese total. El resultado es el mismo.

Respecto a los datos de la fórmula anterior, los kilogramos ahorrados con la propuesta se obtienen de la suma de la columna “diferencia de consumo” de las tablas 37, 38, 39 y 40.

Los kilogramos consumidos de ambos insumos fueron proporcionados por la Embotelladora a partir de las proyecciones del último cuatrimestre del presente año y del 2012.

### Cálculo para el termoencogible:

Kilogramos ahorrados por la propuesta: 113,191.52 kg.

Proyección del consumo de ese insumo para el último cuatrimestre del 2011 y año 2012: 1.193,217 kg.

Porcentaje del ahorro:  $((113,191.52 \text{ kg})/(1,193,217 \text{ kg})) * 100 = 9.49\%$

Siguiendo el mismo procedimiento para el polystrech:

$(13,044.22/152,164.54) * 100 = 8.57\%$

### C. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Uno de los criterios para la evaluación de proyectos, aparte del valor presente neto, es la Tasa Interna de Retorno. El objetivo de ésta es comparar su valor contra la TMAR del proyecto, y si  $TIR \geq TMAR$ , el proyecto se acepta porque excede el rendimiento requerido.

El flujo neto de efectivo del proyecto se presenta en la Tabla 41. Para el mismo se tomaron en cuenta los ahorros mensuales que conllevan las reducciones presentadas anteriormente, con base en las producciones de la Embotelladora:

Mes	Flujo neto (FNE)
0	- 75.637,05 GTQ
1	126.811,79 GTQ
2	134.281,61 GTQ
3	143.093,65 GTQ
4	179.333,93 GTQ
5	123.359,55 GTQ
6	116.213,21 GTQ
7	169.470,51 GTQ
8	155.347,96 GTQ
9	144.628,44 GTQ
10	135.099,98 GTQ
11	136.801,49 GTQ
12	132.377,56 GTQ
13	127.783,48 GTQ
14	135.270,13 GTQ
15	144.117,99 GTQ
16	180.700,48 GTQ

Con base en la tabla anterior, la TIR obtenida fue de 174% por período. Ya que la Embotelladora cuenta con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno de 1,25% mensual, el proyecto se acepta.

Esta TIR, significativamente superior a la TMAR de la empresa, se justifica al tener una inversión inicial baja comparada con los ahorros que se tienen mensualmente.

Con el fin de corroborar la existencia de una TIR única, real y positiva, se aplica la regla de los signos de *Descartes que establece que el número total de raíces reales siempre es menor o igual al número de cambios de signos en la serie.*<sup>13</sup> Teniendo en cuenta que en el flujo de efectivo presentado en la Tabla 40 sólo existe un cambio de signo, para esa serie puede haber 0 o 1 valor de TIR.

Aplicando una segunda prueba más discriminante, en este caso el criterio de Norstrom, que establece que en el flujo de efectivo acumulado, un solo cambio de signo que inicia negativamente indica que existe una raíz positiva.<sup>14</sup>

Con ambos criterios se comprueba que existe una sola TIR para el proyecto, que es la presentada líneas atrás.

#### **D. Valor Actual Neto**

A partir del flujo de efectivo presentado en la Tabla 41, se llevó cada ahorro mensual al valor presente utilizando como tasa de descuento la TMAR de la Embotelladora (1,25% mensual) y luego se descontó la inversión inicial. El valor presente del proyecto, al 1 de septiembre de 2011, es de Q. 1.981.070,48.

---

13 Blank, Tarquin. 2006. *Ingeniería Económica*. Sexta Edición. McGraw Hill. México. Pp. 260 – 261.

14 IBID.

## XII. CONCLUSIONES

1. Las variables que intervienen en el proceso de envolvimento son el micraje, el ancho y largo del lienzo en el caso del termoencogible y el preestiraje y número de vueltas en el caso del polystrech. La propuesta de mejora consistió en presentar nuevos factores de consumo (dimensionados en kilogramos por caja) para ciertas presentaciones, los cuales son más bajos que los utilizados actualmente.
2. Las áreas de oportunidad encontradas para la disminución del consumo de ambos materiales fueron, para el polystrech, el aumento del preestiraje del material, eliminar vueltas de plástico en las tarimas y la posibilidad de encontrar un material en el mercado con mejor rendimiento que el actual. Para el termoencogible la principal oportunidad fue la disponibilidad del proveedor de dar nuevas dimensiones a las bobinas de este plástico para adecuar las mismas a la propuesta presentada.
3. Se redujo, en promedio, 6,79% del peso de polystrech por tarima. Esto significa un ahorro de 13.044,22 kilogramos en el último cuatrimestre del 2011 y todo el año 2012.
4. Respecto al termoencogible, con la propuesta presentada se ahorra el consumo de 113.191,52 kilogramos de material en el periodo mencionado anteriormente.
5. El nuevo proveedor de polystrech evaluado no fue aceptado porque su material tiene un rendimiento más bajo que el actual, por lo que esta nueva marca no fue aceptada y se continúa trabajando con el proveedor actual.
6. Los nuevos factores de consumo se presentan en las Tablas 29 y 18, para el polystrech y termoencogible respectivamente.
7. La propuesta presentada en este trabajo permite ahorrar 9,5% y 8,6% para el termoencogible y polystrech respectivamente del consumo total de

ambos insumos para el periodo comprendido de septiembre de 2011 hasta diciembre de 2012.

8. Este proyecto se acepta desde el punto de vista financiero porque:
  - a. La Tasa Interna de Retorno (174%) es mayor a la Tasa Mínima Atractiva de Retorno que espera la embotelladora (1,25%). La existencia de una TIR única fue comprobada a través de los criterios de Descartes y Norstrom.
  - b. El Valor Presente Neto, positivo, es de Q. 1.981.070,48 al 1 de septiembre de 2011.
9. Esta propuesta no modifica tiempos del proceso de embotellado de las líneas de producción de la empresa.

### **XIII. RECOMENDACIONES**

Para los interesados en el tema se sugiere una minuciosa observación de empaques actuales y la comparación entre el rendimiento del material y la calidad de dicho empaque. A partir de lo anterior se pueden obtener conclusiones interesantes que generalmente pueden detectar un exceso de material para lo que se espera de la función del empaquetado. Esos sobrantes representan recursos ocultos en operaciones industriales en las que el enfoque principal debería de ser la reducción de la inversión en ellas.

A partir de estas detecciones y de pequeñas disminuciones en los empaques se podrán obtener beneficios económicos proporcionales al volumen de producción y de utilización de dichos empaques.

Se recomienda, a partir de lo mencionado anteriormente, que la embotelladora continúe su labor de estricto control de las dos modalidades de empaques presentadas en este trabajo y que se mantenga alerta en la detección de nuevas áreas de oportunidad a raíz del surgimiento de nuevas presentaciones.

La concientización de los operadores relacionados con las operaciones que involucran al polystrech y al termoencogible han dado buenos resultados en relación a una mejor utilización de ambos materiales (reflejados en un aumento en la eficiencia) y a minimizar los desperdicios.

Se recomienda la implementación de los nuevos factores de consumo presentados en este trabajo para lograr reducir el gasto relacionado con ambos materiales y se sugiere revisar el mismo tema en otras embotelladoras regionales pertenecientes al mismo grupo empresarial.

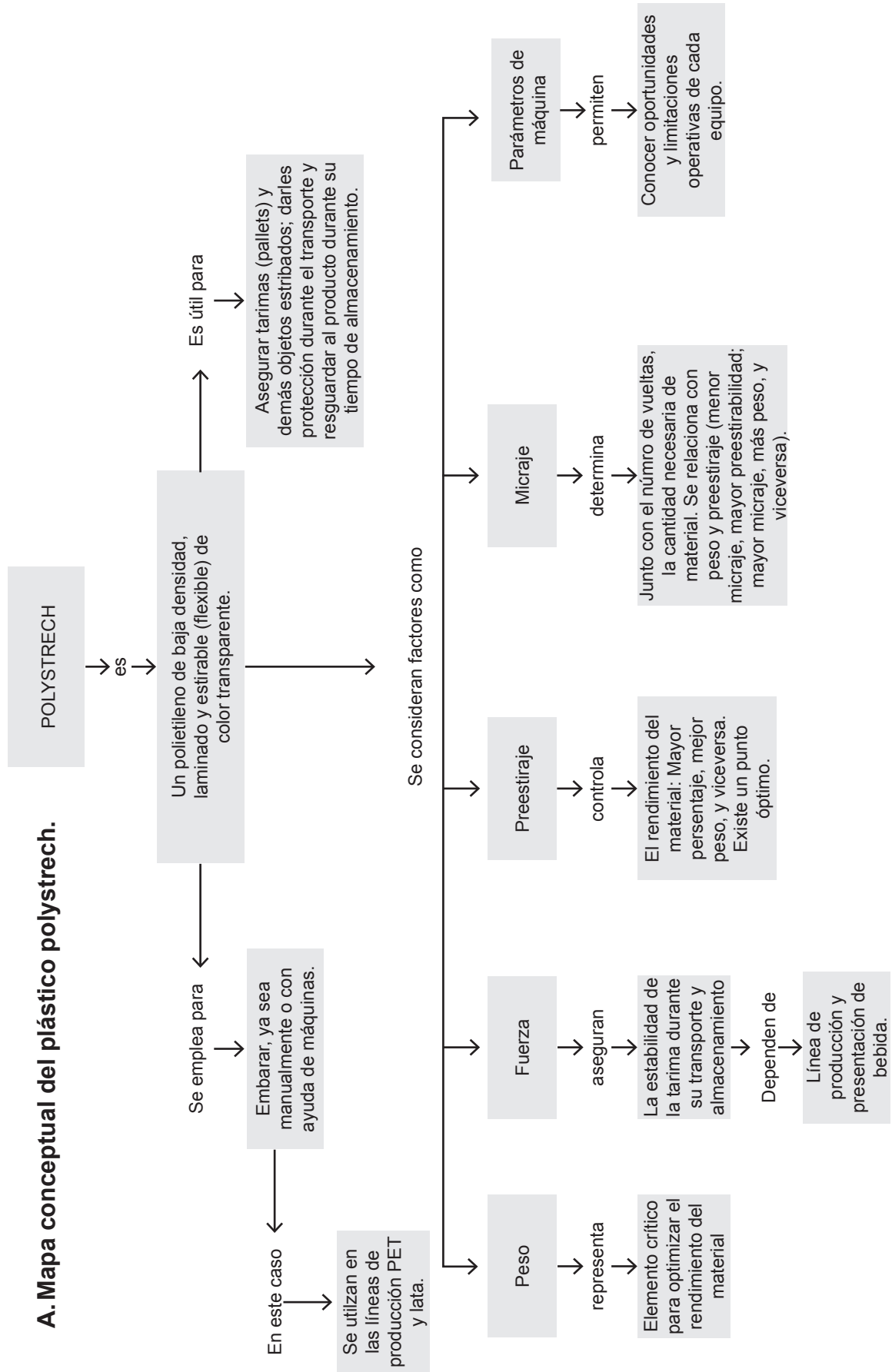
Las reducciones de material propuestas para las cajas de bebidas y para las tarimas no hacen necesario un reajuste en la forma de almacenamiento ni transporte porque los cambios fueron hechos tomando en cuenta el sistema actual de la empresa. Dichas reducciones fueron enfocadas en sobrantes de material.

## XIV. BIBLIOGRAFÍA

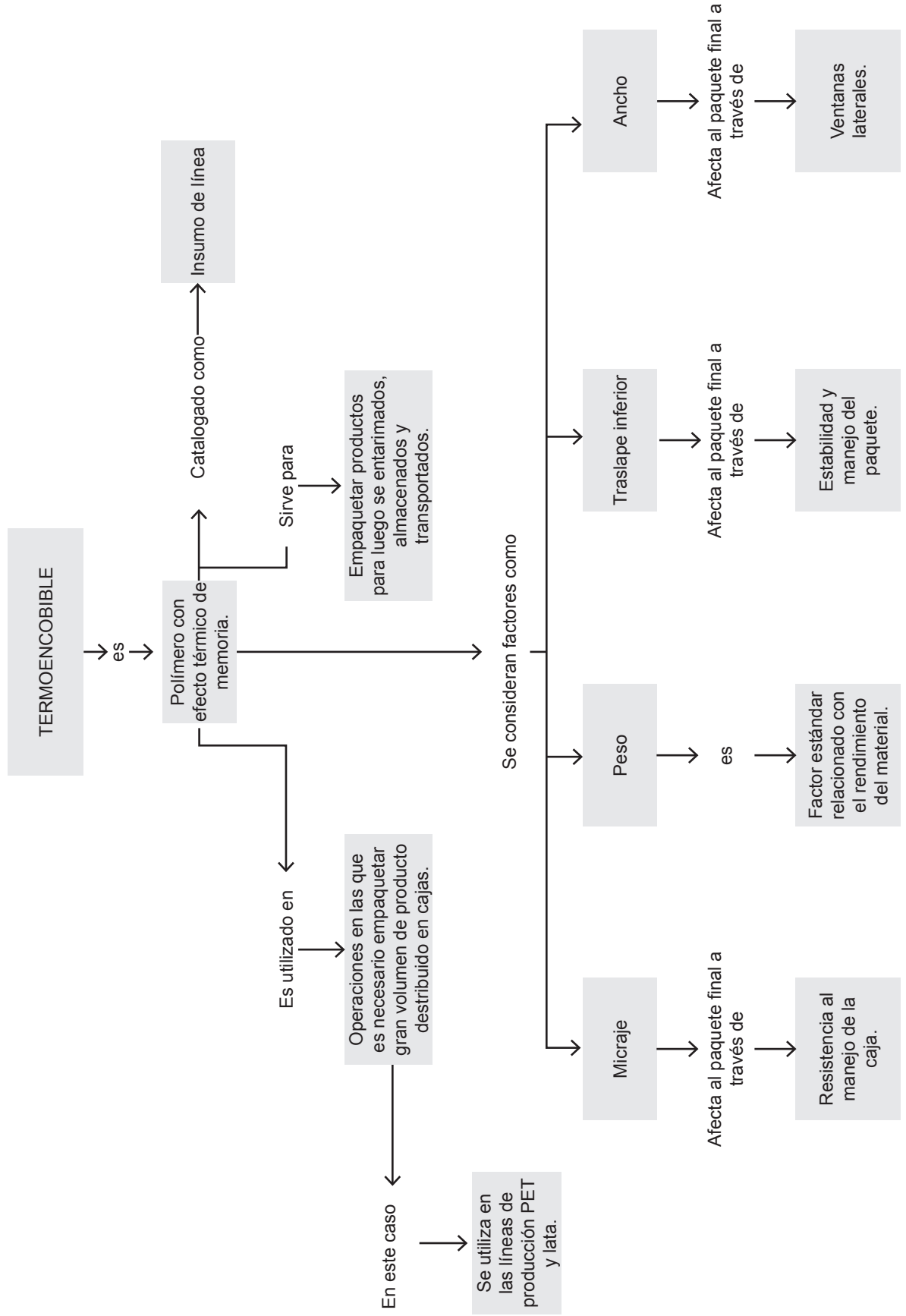
- Blank, Tarquin. 2006. *Ingeniería Económica*. Sexta Edición. McGraw Hill. México. Pp. 260 – 261.
- Ceresana Research. 2011. *Market study: LLDPE*. Alemania. web: [http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana\\_Research\\_-\\_Brochure\\_Market\\_Study\\_LLDPE\\_UC-1205E.pdf](http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana_Research_-_Brochure_Market_Study_LLDPE_UC-1205E.pdf) / <http://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/polyethylene-ldpe/>
- Diccionario Construpedia. Sin fecha. *Polietileno de alta densidad*. Web: [http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno\\_de\\_Alta\\_Densidad](http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno_de_Alta_Densidad).
- Diccionario Construpedia. Sin fecha. *Polietileno de baja densidad*. Web: [http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno\\_de\\_Baja\\_Densidad](http://www.construmatica.com/construpedia/Polietileno_de_Baja_Densidad)
- Fundación para la investigación y el desarrollo ambiental. 2005. *Polietileno de Baja densidad*. España. Web: <http://www.fida.es:8001/fida/VisNot?id=4d3936aa77926c1f53eca49f2a769e41>
- Niebel. Freivalds. 2009. *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ma. Edición. McGraw Hill. México. Páginas 25-31.
- Papel Nort Industrials. Polietileno, film stretch. Argentina. Web: <http://www.papelnort.com.ar/PNI/pro-poli-FS.htm>
- Prat, Cardona. 2009. Sin título. Universitat Politècnica de Catalunya. España. Web: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/61711/3/02\\_Mem%C3%B2ria.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/61711/3/02_Mem%C3%B2ria.pdf)
- Revista online del envase, empaque y embalaje. 2002. *Usando películas termoencogibles*. Web: <http://www.envapack.com/71/>
- Sin autor. 2008. *Film estirable*. ABC pack. Web: [http://www.abc-pack.com/product\\_info.php/cPath/1\\_7/products\\_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb](http://www.abc-pack.com/product_info.php/cPath/1_7/products_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb)
- Sin autor. 2005. *Relación entre la estructura y propiedades del polietileno*. Textoscintificos.com. Web: <http://www.textoscintificos.com/polimeros/polietileno/relacion>

## XV. ANEXOS

### A. Mapa conceptual del plástico polystrech.



## B. mapa conceptual del plástico termoencogible



### C. Resumen de factores de consumo propuestos para el termoencogible y polystrech.

Las siguientes tablas tienen como objetivo resumir los factores de consumo propuestos en este trabajo para ambos insumos, por presentación, e indicar el porcentaje de ahorro que tienen respecto a la situación actual en la Embotelladora. La última columna en ambas tablas tiene la intención de señalar, a la fecha, el estado de aprobación de las propuestas.

**Tabla 42:** Tabla que concluye los nuevos factores de termoencogible para ciertas presentaciones y su estado.

Línea	Presentación	Factor	% Ahorro	Estado
8	600 ML Baja carbonatación	0,035128 kg / Caja	4,91%	Aprobado
8	600 ML Alta carbonatación	0,035128 kg / Caja	6,28%	Aprobado
8	600 ML Propietaria	0,035128 kg / Caja	7,51%	Aprobado
8	Refresco 600 ml	0,035128 kg / Caja	4,28%	Aprobado
8	Agua Pura 600 ml	0,035460 kg / Caja	4,39%	Aprobado
4	600 ml Carbonatadas	0,035282 kg / Caja	7,13%	Aprobado
8	500 ML jugo	0,031579 kg / Caja	10.54%	No probado
5	2.5 LITROS CARBONATADA	0,039667 kg / Caja	16,49%	Pendiente
1	10.5 OZ Adrenaline	0,030402 kg / Caja	5,14%	Aprobado
8	12 OZ Todos los sabores	0,027351 kg / Caja	17,12%	Aprobado
5	3 LITROS CARBONATADA	0,040268 kg / Caja	4,50%	Aprobado
1	Lata Sin Hi-Cone (12 onzas) Gaseosa	0,035700 kg / Caja	15,00%	Pendiente

**Tabla 43:** Tabla que concluye los nuevos factores de polystrech para algunas presentaciones y su estado.

Línea de producción	Presentación	Porcentaje de ahorro	Estado
1	Lata 10.5 oz. No carbonatada	4,17%	Aprobado
1	Lata 12 oz. Carbonatada	3,33%	Aprobado
5	PET 3 Litros todos los sabores	13,46%	Aprobado
8	PET 12 oz. Carbonatada	10,22%	Aprobado
8	PET 750 ml. Agua Pura	2,75%	Aprobado

#### D. Estudio de tiempos

Las siguientes tablas corresponden al estudio de tiempos realizado para analizar el posible cambio de tiempos en los procesos de empaquetado con termoencogible y embalado de tarimas con polystrech, por presentación.

**1. Polystrech.** El cambio en la operación de embalado con polystrech se hizo para lograr un aumento en el preestiraje de este material. La situación actual es tal y como está ahora (tiempo actual) y, la propuesta, representa el tiempo de embalado ya con el aumento de preestiraje (tiempo propuesto) según se indica en la sección de Pruebas en la línea de producción. Cada estudio fue realizado en la misma máquina embaladora.

**Tabla 44:** Estudio de tiempos para el proceso de embalado en la presentación 3 litros PET.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	3 Litros	
Operación:	Embalado con polystrech	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	74,49	69,17
2	76,37	70,92
3	75,64	70,24
4	75,56	70,16
5	74,90	69,55
6	74,45	69,13
7	75,60	70,20
8	75,85	70,43
9	74,61	69,28
10	75,40	70,02
11	74,97	69,62
12	75,77	70,36
13	74,47	69,15
14	75,89	70,47
15	74,52	69,20
Totales	1128,498	1047,891
No. Observaciones	15	15
Promedio	75,2332	69,8594
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>75,23</b>	<b>69,86</b>

Los 5.37 segundos de diferencia corresponden a la eliminación de dos vueltas de polystrech a las tarimas de esta presentación. Aún así no representa un cambio significativo.

**Tabla 45:** Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 10.5 onzas lata.

Fecha de realización	18/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas no gaseosas	
Producto:	10.5 onzas	
Operación:	Embalado con polystrech	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	77,39	77,57
2	77,34	77,12
3	77,47	77,49
4	77,89	77,98
5	77,84	77,53
6	77,91	77,09
7	77,30	77,22
8	77,09	77,31
9	77,39	76,89
10	77,93	77,42
11	77,41	77,39
12	77,12	76,5
13	77,77	77,43
14	77,49	77,28
15	77,84	76,3
Totales	1163,18	1158,52
No. Observaciones	15	15
Promedio	77,55	77,23
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>77,55</b>	<b>77,23</b>

No hay cambio significativo en esta operación luego de la prueba de una bobina de termoencogible con dimensiones distintas a las utilizadas actualmente.

**Tabla 46:** Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 12 onzas lata.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	12 onzas, lata	
Operación:	Embalado con polystrech	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	89,30	89,50
2	89,24	88,98
3	89,39	89,41
4	89,87	89,98
5	89,82	89,46
6	89,90	88,95
7	89,19	89,10
8	88,95	89,20
9	89,30	88,72
10	89,92	89,33
11	89,32	89,30
12	88,98	88,27
13	89,73	89,34
14	89,41	89,17
15	89,82	88,04
Totales	1342,13	1336,75
No. Observaciones	15	15
Promedio	89,4753846	89,1169231
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>89,48</b>	<b>89,12</b>

No se muestra algún cambio significativo en la operación de embalado luego del aumento del preestiraje de material.

**Tabla 47:** Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 12 onzas PET.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	12 onzas, PET	
Operación:	Embalado con polystrech	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	51,59	52,55
2	52,87	51,65
3	52,82	51,48
4	52,83	52,09
5	51,79	52,33
6	51,49	51,18
7	52,03	51,78
8	51,55	51,39
9	52,29	51,76
10	51,59	51,63
11	52,33	51,38
12	51,70	52,00
13	51,87	51,80
14	51,39	51,98
15	52,47	51,37
Totales	780,61	776,37
No. Observaciones	15	15
Promedio	52,0406667	51,758
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>52,04</b>	<b>51,76</b>

No existe un cambio de tiempo significativo en la operación de embalado para esta presentación.

**Tabla 48:** Estudio de tiempos para la operación de embalado en la presentación 750 ml PET.

Fecha de realización	18/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	750 ml, PET	
Operación:	Embalado con polystrech	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	73,31	74,68
2	75,13	73,40
3	75,06	73,16
4	75,07	74,02
5	73,60	74,36
6	73,17	72,73
7	73,94	73,58
8	73,26	73,03
9	74,31	73,55
10	73,31	73,37
11	74,36	73,01
12	73,47	73,89
13	73,71	73,61
14	73,03	73,87
15	74,56	73,00
Totales	1109,29	1103,26
No. Observaciones	15	15
Promedio	73,9525263	73,5508421
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>73,95</b>	<b>73,55</b>

El tiempo estándar de la operación para ambos casos es el mismo.

**2. Termoencogible.** Los cambios en este insumo fueron dirigidos a la utilización de nuevas dimensiones para lograr reducir el consumo por caja. Por esto, el tiempo actual es que la máquina tarda en estos momentos y el propuesto corresponde al tiempo de utilización de la nueva dimensión de termoencogible. Cada prueba fue realizada en la misma máquina empaquetadora y en la misma presentación indicada.

**Tabla 49:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 2.5 litros PET.

Fecha de realización	18/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	2.5 Litros, PET	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	26,56	27
2	22,84	27,95
3	27,07	25,07
4	25,03	26,92
5	25,82	27,25
6	27,12	28,97
7	28	29,03
8	27,24	28,07
9	27,42	27,17
10	27,24	29,13
11	27,04	29,15
12	28,04	28,12
13	26,77	30,05
14	27,22	27,79
15	29,03	28,13
16	28,01	29,15
17	31,07	26,27
18	27	29,31
19	29,73	28,15
20	30,13	25,87
Totales	548,38	558,55
No. Observaciones	20	20
Promedio	27,419	27,9275
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>27,42</b>	<b>27,93</b>

Las nueva dimensión de la bobina de termoencogible no provoca un cambio significativo en el tiempo estándar de operación de la máquina.

**Tabla 50:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 3 litros PET.

Fecha de realización	18/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	2.5 Litros, PET	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	34,61	33,34
2	33,21	33,12
3	33,15	33,87
4	35,16	33,57
5	33,37	33,38
6	33,28	33,43
7	33,04	33,12
8	34,09	33,56
9	33,56	33,40
10	33,78	33,09
11	33,20	33,50
12	33,48	34,67
13	33,61	33,21
14	33,91	33,07
15	34,00	33,19
16	33,66	33,47
17	33,42	34,35
18	33,67	33,61
19	33,87	33,25
20	33,29	33,78
Totales	673,36	669,98
No. Observaciones	20	20
Promedio	33,668	33,499
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>33,67</b>	<b>33,50</b>

El tiempo de empaquetado con termoencogible para esta presentación es el mismo tanto para antes como durante la prueba de nuevas dimensiones de termoencogible.

**Tabla 51:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 10.5 onzas lata.

Fecha de realización	18/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas no gaseosas	
Producto:	10.5 onzas, lata	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	15,44	16,40
2	17,63	17,21
3	16,34	16,83
4	15,13	15,31
5	15,21	15,60
6	15,97	15,84
7	15,22	16,12
8	15,09	15,90
9	16,85	16,37
10	15,79	16,13
11	26,49	15,56
12	15,12	15,97
13	15,54	15,39
14	17,12	15,99
15	15,98	16,13
16	16,09	17,10
17	15,39	15,74
18	16,04	15,33
19	16,00	16,50
20	16,29	16,73
Totales	328,73	322,15
No. Observaciones	20	20
Promedio	16,4365	16,1075
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>16,44</b>	<b>16,11</b>

No existe cambio significativo en los tiempos de operación de la máquina, tanto para antes como para después de las pruebas de nuevas dimensiones de termoencogible

**Tabla 52:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 12 onzas lata.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas no gaseosas	
Producto:	12 onzas, lata	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	22,35	27,44
2	28,49	29,00
3	24,35	28,49
4	25,57	30,18
5	27,12	29,67
6	28,53	29,84
7	29,43	28,49
8	27,44	29,70
9	29,00	27,54
10	29,01	29,34
11	27,24	28,56
12	28,50	28,13
13	28,34	28,44
14	29,03	28,03
15	29,39	29,17
16	28,15	28,92
17	28,65	28,76
18	27,16	30,12
19	28,30	28,27
20	28,57	29,02
Totales	554,62	577,11
No. Observaciones	20	20
Promedio	27,731	28,8555
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>27,73</b>	<b>28,86</b>

En esta presentación no existe cambio de tiempo para la operación de empaquetado con termoencogible.

**Tabla 53:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 12 onzas PET.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	12 onzas, PET	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	26,60	27,14
2	28,79	26,18
3	25,71	29,12
4	27,61	26,13
5	24,54	28,07
6	26,13	26,98
7	28,70	28,97
8	26,35	26,31
9	26,67	26,12
10	25,98	26,43
11	26,15	25,76
12	27,10	27,61
13	26,19	28,04
14	25,43	27,15
15	28,38	26,02
16	29,50	26,14
17	26,76	25,78
18	26,12	28,15
19	26,34	26,59
20	27,32	26,39
Totales	536,37	539,08
No. Observaciones	20	20
Promedio	26,8185	26,954
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>26,82</b>	<b>26,95</b>

El estudio no refleja cambios en el tiempo de operación de la máquina

**Tabla 54:** Estudio de tiempos para la operación de empaquetado, presentación 600 ml PET.

Fecha de realización	19/10/2011	
Proceso:	embotellado bebidas gaseosas	
Producto:	600 ml, PET	
Operación:	Empaquetado con termoencogible	
Obs.	Tiempo Actual (seg.)	Tiempo Propuesto (seg.)
1	34,58	35,28
2	37,43	34,03
3	33,42	37,86
4	35,89	33,97
5	31,90	36,49
6	33,97	35,07
7	37,31	34,76
8	34,26	34,20
9	34,67	33,96
10	33,77	34,36
11	34,00	33,49
12	35,23	35,89
13	34,05	36,45
14	33,06	35,30
15	36,89	33,83
16	38,35	33,98
17	34,79	33,51
18	33,96	36,60
19	34,24	34,57
20	35,52	34,31
Totales	697,28	697,91
No. Observaciones	20	20
Promedio	34,86405	34,89535
Calificación operario / máquina	100	100
<b>Tiempo estándar (seg)</b>	<b>34,86</b>	<b>34,90</b>

El tiempo de operación de la máquina es prácticamente el mismo, tanto para la situación actual como para la propuesta con una nueva dimensión de termoencogible para esta presentación.