

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“ALIGERAMIENTO DE ENVASES DE PET PARA APLICACIÓN EN
EL EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS”**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ISABEL ESTRADA RÍOS

LIMA – PERÚ

2022

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“ALIGERAMIENTO DE ENVASES DE PET PARA APLICACIÓN EN
EL EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS”**

Presentado por:
ISABEL ESTRADA RÍOS

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

M. S. Walter Salas Valerio
PRESIDENTE

Dr. David Campos Gutierrez
MIEMBRO

Dra. Indira Betalleluz Pallardel
MIEMBRO

Dr. Luis Fernando Vargas Delgado
ASESOR

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres, por su guía en este camino.

AGRADECIMIENTO

- A mis padres, José Estrada y Marcelina Ríos, por todo el esfuerzo que han realizado y el apoyo que me han brindado en cada una de mis decisiones.
- A mi asesor, Dr. Fernando Vargas, por sus enseñanzas, consejos, guía y motivación durante mi carrera profesional y la presentación del presente trabajo.
- A Arca Continental Lindley, por facilitarme la realización de este trabajo.
- A Jorge Vildoso y Ruth Macedo, por su apoyo e ideas para desarrollar con éxito este proyecto.
- A Octavio Valverde y Alexander Alberco, de SMI, por sus enseñanzas en un tema totalmente nuevo para mí.
- A César Berto, Aracely Zumaeta, Sonia Saire y Marlon Alegría, quienes me proporcionaron el conocimiento necesario para llevar a cabo este proyecto.
- A Víctor, que, sin su presión y ganas, este trabajo no saldría a la luz.
- A todas las personas que me apoyaron y, en especial, a aquellas que esta etapa me permitió conocer.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. POLÍMEROS	3
2.1.1. CONCEPTO	3
2.1.2. TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)	5
2.1.3. PROPIEDADES DEL PET	5
2.1.4. ENVASES	6
2.2. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL PET.....	7
2.3. SOPLADO	8
2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOPLADO.....	8
2.3.2. CONTROL DE CALIDAD EN EL ENVASE SOPLADO.....	9
2.3.3. TRANSFERENCIA DE MASA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS	10
2.4. ALIGERAMIENTO DE ENVASES	13
2.5. ESTÁNDARES ASOCIADOS A LA CALIDAD DEL ENVASE DE PET.....	14
2.5.1. PRINCIPALES INDICADORES DE CALIDAD DEL ENVASE DE PET.....	14
2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
2.6.1. DISTRIBUCIÓN DE t DE STUDENT	16
2.7. PERCEPCIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO	17
2.7.1. FOCUS GROUP	17
III. METODOLOGÍA	19
3.1. LUGAR DE REALIZACIÓN.....	19
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	19
3.2.1. MATERIALES	19
3.2.2. EQUIPOS	21
3.3. REACTIVOS	21
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN.....	21
3.4.1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENVASES (MUESTRAS).....	21
3.4.2. VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA GENERAL DE LA BOTELLA PET....	23
3.4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA DE	

BOTELLAS PET.....	24
3.4.4. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL STRESS CRACKING CÁUSTICO DE LA BOTELLA PET	26
3.4.5. DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO EMBOTELLADO	27
3.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
3.4.7. PERCEPCIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO	31
3.4.8. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO.....	35
3.4.9. ANÁLISIS DE COSTO	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA GENERAL DE LAS BOTELLAS PET..	36
4.2. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA DE BOTELLAS PET.....	37
4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL “STRESS CRACKING” CÁUSTICO DE LA BOTELLA PET	40
4.4. DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO EMBOTELLADO	42
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL FOCUS GROUP.....	46
4.5.1. ESTUDIO DE PERCEPCIÓN INDIVIDUAL.....	46
4.5.2. ESTUDIO DEL DEBATE.....	49
4.5.3. ESTUDIO DEL CONSENSO	50
4.5.4. CONCLUSIÓN DEL FOCUS GROUP	50
4.6. ANÁLISIS DE COSTOS	51
4.6.1. ESTUDIO DE COSTO POR CRITERIO.....	51
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	56
VIII. ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Codificación internacional de los termoplásticos	4
Tabla 2: Verificación de apariencia en preformas aligeradas y estándar	36
Tabla 3: Resultados estadísticos de la prueba de Presión Interna	38
Tabla 4: Verificación de la resistencia al Stress Cracking caústico de botellas PET	40
Tabla 5: Resultados estadísticos de las pruebas de carbonatación	42
Tabla 6: Salario promedio del personal	51
Tabla 7: Análisis comparativo de costos	52
Tabla 8: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los cero días	72
Tabla 9: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los siete días.....	77
Tabla 10: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los catorce días ..	81
Tabla 11: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los veintiocho días	85
Tabla 12: Sexo de participantes.....	90
Tabla 13: Estudios de participantes	91
Tabla 14: Focus Group – Resultados de nivel de consumo.....	92
Tabla 15: Focus Group – Resultados de variable visual	93
Tabla 16: Focus Group – Resultados de variable textura.....	94
Tabla 17: Focus Group – Resultados de variable Sabor.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de polímero.....	3
Figura 2: Partes del envase	7
Figura 3: Diagrama de flujo para la producción del PET.....	8
Figura 4: Proceso de soplado a partir de la preforma.....	9
Figura 5: Propiedades de la resina utilizada en las preformas.....	20
Figura 6: Proceso de verificación de apariencia.....	24
Figura 7: Esquema de la verificación de la resistencia a la presión interna	25
Figura 8: Esquema de la verificación de la resistencia al Stress Cracking.....	27
Figura 9: Esquema de la determinación de Carbonatación en el producto terminado.	30
Figura 10: Condición socioeconómica y lugar de residencia de los participantes del Focus group.....	32
Figura 11: Ficha de las preguntas realizadas en el Focus Group.....	34
Figura 12: Promedio del volumen de carbonatación (en volúmenes de CO ₂) de muestras aligeradas y muestras estándar vs tiempo de almacenamiento.....	44
Figura 13: Resultados de percepción individual.....	47
Figura 14: Muestra de botella aligerada.	64
Figura 15: Muestra de botella estándar.....	65
Figura 16: Equipo PPT3000 para realizar presión interna.	66
Figura 17: Prueba de normalidad para resultados de presión interna de muestras de preformas aligeradas.	68
Figura 18: Prueba de normalidad para resultados de presión interna de muestras de preformas estándar.....	68
Figura 19: Prueba de T de student para resultados de presión interna de muestras de preformas aligeradas y estándar.	69
Figura 20: Muestra de botella aligerada.	70
Figura 21: Muestra de botella estándar.....	71
Figura 22: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los cero días.	73
Figura 23: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los cero días.	74
Figura 24: Prueba de T de student de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas	

y estándar a los cero días.	75
Figura 25: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los siete días.	76
Figura 26: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los siete días.	78
Figura 27: Prueba de T de student de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los siete días.	79
Figura 28: Prueba de Fisher para comparación de varianzas de las muestras de carbonatación a los siete días.	80
Figura 29: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los catorce días.	82
Figura 30: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los catorce días.	83
Figura 31: Prueba de T de student de muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los catorce días.	84
Figura 32: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los veintiocho días,	86
Figura 33: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los veintiocho días.	87
Figura 34: Prueba de T de student de muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los veintiocho días.	88
Figura 35: Prueba de Fisher para comparación de varianzas de las muestras de carbonatación a los 28 días.	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MUESTRAS OBSERVADAS PARA LA PRUEBA DE APARIENCIA.....	64
ANEXO 2: EQUIPO PPT3000 PARA LA PRUEBA DE PRESIÓN INTERNA	66
ANEXO 3: RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA DE BOTTELLAS PET	67
ANEXO 4: PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA RESULTADOS DE PRESIÓN INTERNA DE MUESTRAS DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR.....	68
ANEXO 5: MUESTRAS OBSERVADAS PARA LA PRUEBA DE STRESS CRACKING	70
ANEXO 6: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS CERO DÍAS ...	72
ANEXO 7: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS CERO DÍAS	73
ANEXO 8: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS CERO DÍAS	74
ANEXO 9: PRUEBA DE T DE STUDENT DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS CERO DÍAS	75
ANEXO 10: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS SIETE DÍAS	76
ANEXO 11: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS SIETE DÍAS .	77
ANEXO 12: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS SIETE DÍAS	78
ANEXO 13: PRUEBA DE T DE STUDENT DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS SIETE DÍAS	79
ANEXO 14: PRUEBA DE FISHER PARA COMPARACIÓN DE VARIANZAS DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN A LOS SIETE DÍAS	80
ANEXO 15: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS CATORCE DÍAS	81
ANEXO 16: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS CATORCE DÍAS	82
ANEXO 17: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS CATORCE DÍAS	83
ANEXO 18: PRUEBA DE T DE STUDENT DE MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS CATORCE DÍAS	84
ANEXO 19: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS	85
ANEXO 20: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE PREFORMAS	

ALIGERADAS A LOS VEINTIOCHO DÍAS	86
ANEXO 21: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS VEINTIOCHO DÍAS	87
ANEXO 22: PRUEBA DE T DE STUDENT DE MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS VEINTIOCHO DÍAS	88
ANEXO 23: PRUEBA DE FISHER PARA COMPARACIÓN DE VARIANZAS DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN A LOS 28 DÍAS	89
ANEXO 24: SEXO DE PARTICIPANTES DEL FOCUS GROUP	90
ANEXO 25: ESTUDIOS DE PARTICIPANTES DEL FOCUS GROUP	91
ANEXO 26: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: NIVEL DE CONSUMO	92
ANEXO 27: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: VISUAL	93
ANEXO 28: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: TEXTURA	94
ANEXO 29: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: SABOR	95

RESUMEN

Debido al incremento, en los últimos años, de políticas y planes medioambientales a nivel global, muchas industrias se ven en la necesidad de optimizar sus procesos, con el fin de disminuir el uso de materiales contaminantes como los plásticos; para mantenerse vigentes y a la vanguardia frente a las exigencias del nuevo mercado. Una de las maneras más eficientes para reducir el consumo de plásticos es el manejo de la materia prima, en especial, de las preformas de PET, que serán sopladas para ser utilizadas como envase; ya que, a un menor peso, tienen un menor costo ambiental como un menor costo monetario. El presente trabajo tuvo como principal objetivo evaluar el efecto de la reducción del peso (de 23,7 gramos a 19,7 gramos) de los envases de PET utilizados en el envasado de bebidas carbonatadas de 500 ml, lo que se logró por medio de cuatro pruebas básicas que fueron: (a) Prueba de apariencia; (b) Prueba de presión interna; (c) Prueba de “Stress Cracking” y (d) Pruebas de carbonatación. El resultado de la prueba de apariencia fue que el cambio de gramaje en la preforma no es percibido por los consumidores. Tanto, los envases generados a partir de las preformas estándar de 23,7 gramos: como de las aligeradas de 19,7 gramos, demostraron superar las pruebas de presión interna y de “Stress cracking”, evidenciando una resistencia similar. Sin embargo, durante las pruebas de carbonatación, se observan diferencias entre los envases obtenidos de ambas preformas, pues los envases aligerados llegaron antes al nivel crítico; pero dentro de los límites aceptables. En conclusión, el aligeramiento de la preforma no tuvo un efecto significativo sobre los resultados de las pruebas realizadas.

Palabras clave: PET, preforma, aligeramiento, carbonatación.

ABSTRACT

Due to the increase, in recent years, of environmental policies and plans at a global level, many industries are in need of optimizing their processes, in order to decrease the use of polluting materials such as plastics; to stay current and at the forefront of the demands of the new market. One of the most efficient ways to reduce the consumption of plastics is the handling of raw materials, especially PET preforms, which will be blown to be used as packaging; since, at a lower weight, they have a lower environmental cost as a lower monetary cost. The main objective of this work was to evaluate the effect of weight reduction (from 23,7 grams to 19,7 grams). of the PET containers used in the packaging of 500 ml carbonated beverages, which was achieved by means of four basic tests, which were: (a) Appearance test; (b) Internal pressure test; (c) “Stress Cracking” test and (d) Carbonation tests. The result of the appearance test was that the change in grammage in the preform is not perceived by consumers. Both, the packages generated from the standard preforms of 23,7 grams: as well as the lightened ones of 19,7 grams, were shown to pass the internal pressure and “Stress cracking” tests, showing similar resistance. However, during the carbonation tests, differences are observed between the packages obtained from both preforms, since the lightweight packages reached the critical level earlier; but within acceptable limits. In conclusion, the lightening of the preform did not have a significant effect on the results of the tests carried out.

Keywords: PET, preform, lightening, carbonation.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de bebidas gasificadas y no gasificadas es una de las más importantes y masivas en el mundo, siendo parte importante de la cultura, la producción y la sociedad de los países en donde se asientan. Muchas de estas empresas son la cuna de avances tecnológicos que buscan producir más a menor costo, con el fin de ser más competitivos y llegar a un sector mayor del mercado. Uno de los principales insumos utilizados en la producción de estas bebidas, son las preformas de PET (tereftalato de polietileno) de donde provienen las botellas, luego del proceso de soplado. Estas preformas se caracterizan por poseer un peso estándar y una cantidad predefinida de material PET, la cual mientras es mayor, representará un mayor costo ambiental, debido al mayor consumo de plástico. Por lo tanto, una de las formas más comunes para disminuir este costo ambiental y facilitar el reciclaje, es trabajando un aligeramiento de la preforma de su envase.

Sin embargo, la disminución del PET en las preformas puede acarrear ciertos problemas en el posterior envase, ya sea estéticos, estructurales y funcionales que afectan la calidad final del envase y del producto que contiene. Por ello es necesario asegurar que estos envases logren pasar pruebas que sometan su factibilidad a juicio para no perjudicar a los consumidores. Este estudio proporciona el análisis de cuatro pruebas en envases provenientes de preformas estándar de 23,7 gramos y de preformas aligeradas de 19,7 gramos, para evaluar el efecto del aligeramiento sobre los envases, dado que, si este efecto es no significativo, representaría una mejora en la eficiencia del proceso, beneficiando a las personas y empresas que lo apliquen; además de significar una ayuda a la conservación del medio ambiente. Esto último se da debido que, al utilizarse menos material, consecuentemente se contribuye con la reducción de la acumulación de residuos sólidos en el planeta.

El principal objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de reducir el peso de los envases de material PET utilizados en el envasado de bebidas carbonatadas de 500 ml. Los objetivos específicos fueron:

- Evaluar la apariencia de la botella obtenida del envase aligerado.
- Determinar y comparar la presión interna de las botellas obtenidas de los envases aligerados.
- Determinar si la botella obtenida del envase aligerado soporta la prueba de Stress Cracking.
- Elaborar las curvas de carbonatación de las bebidas almacenadas por 28 días en las botellas obtenidas de los envases aligerados.
- Conocer la percepción del público consumidor frente al nuevo envase, mediante la realización de un focus group.
- Realizar un estudio comparativo de costos para determinar la mejor opción económica entre preformas aligeradas y preformas estándar.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. POLÍMEROS

2.1.1. CONCEPTO

Los polímeros son unas estructuras complejas formadas por la repetición de una unidad molecular llamada monómero. En muchos casos una molécula de un polímero está compuesta de miles de moléculas de monómeros. Los monómeros son los pequeños eslabones que se repiten para formar un polímero mediante un proceso llamado polimerización (EducarChile, 2018). Un esquema de este fenómeno se observa en la Figura 1.

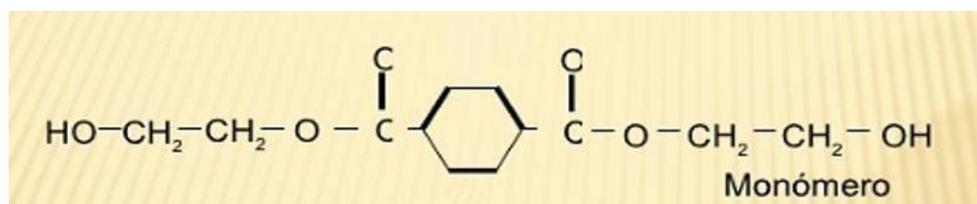


Figura 1: Esquema de polímero.

FUENTE: Seymour & Carraher (2002).

Existen polímeros naturales como el algodón, formado por fibras de celulosas. La seda y la lana son otros ejemplos. Sin embargo, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas (Castellanos, 2006). En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Además, poseen una clasificación que permite dividirlos de acuerdo a su estructura molecular, sus mecanismos de polimerización y su comportamiento frente a los cambios de temperatura. Entre los polímeros que varían su comportamiento en presencia de calor se encuentran los polímeros termoplásticos, termoestables y los elastómeros (Schrage, 2010).

Los termoplásticos son los más utilizados en la industria del envasado debido a su fácil reciclaje; ya que pueden moldearse y fundirse más de una vez, y se clasifican por medio de un sistema de codificación. Este consiste en utilizar el signo internacional de reciclado en conjunto con una numeración que permite saber de qué material está hecho el producto (Cedrón *et al.*, 2011). La Tabla 1 muestra la codificación internacional utilizada para el termoplástico:

Tabla 1: Codificación internacional de los termoplásticos

Nombre	Características	Símbolo
Tereftalato de polietileno (PET)	Polímero lineal, transparente y cristalino. Utilizado para la producción de envases y textiles.	
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Polímero de cadena lineal. Utilizado para tuberías, juegos y artículos de jardín y envases.	
Policloruro de vinil (PVC)	Termoplástico de cadena lineal. Utilizado para tuberías, tableros de carro y cuerina para asientos.	
Polietileno de baja densidad (LDPE)	Polímero de cadena lineal ramificada. Utilizado para bolsas plásticas.	
Polipropileno (PP)	Polímero de cadena lineal. Resistente al desgaste. Utilizado para envases de detergentes, sillas, mobiliario y alimentos.	
Poliestireno (PS)	Polímero de cadena lineal. Utilizado para la producción de cubiertos y vasos plásticos.	

FUENTE: Cedrón *et al.* (2011).

En la industria de las bebidas gasificadas, el termoplástico tereftalato de polietileno (PET) es el más ampliamente empleado.

2.1.2. TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

PET es un “poliéster” que se fabrica combinando Ácido Tereftálico Purificado (PTA por sus siglas en inglés) y Etilenglicol (EG), dos derivados del petróleo, en un reactor para formar un polímero. Fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. En 1946 se empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se comenzó a emplear en forma de película para el envasado de alimentos. Su principal aplicación fue en envases rígidos, a partir de 1976 se utilizó para el embotellado de bebidas carbonatadas (Ojeda, 2013).

Es el polímero para el cual se han diseñado equipos y líneas completas perfectamente adaptadas a los parámetros de transformación del PET, cuya disponibilidad accesible a todos los embotelladores, unida a la adecuada comercialización de la materia prima, permitió la expansión de su uso en todo el mundo (Ramos, 2007).

2.1.3. PROPIEDADES DEL PET

El PET se ha diversificado en múltiples sectores, planteando nuevas alternativas de envasado impensables hasta el momento debido a sus propiedades; Mariano, 2011, destaca las siguientes:

- Procesable por soplado, inyección, extrusión, compresión y termoformado, lo que lo hace apto para producir desde frascos, botellas, películas y láminas hasta fibras, planchas y otras piezas.
- Transparencia y brillo con efecto lupa en su estado natural, además de que es posible colorearlo con pigmentos adecuados sin ningún inconveniente.
- Biorientable, lo que permite lograr propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores. Esta propiedad tiene como consecuencia su funcionalidad inclusive como barrera para gases y aromas, razón fundamental por la que es ampliamente utilizado en botellas de agua mineral y bebidas carbonatadas.
- Cristalizabile, permite lograr resistencia térmica para utilizar bandejas termoformadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción.

- Esterilizable, pues el PET resiste esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma.
- Ligero: $\rho=1,34 \text{ g/cm}^3$.
- Apto para el reciclaje químico y mecánico.
- Resistencia química, pues el PET es generalmente resistente a grasas minerales, solventes y ácidos, pero no a bases.
- Cualidades de conservación de productos debido a que es un producto químicamente inerte y sin aditivos.

2.1.4. ENVASES

Según Pérez (2012), el empaque es cualquier recipiente utilizado por el hombre para proteger y transportar sus bienes. El empaque se divide en primario, secundario y terciario. El empaque primario se encuentra en contacto directo con el contenido. Tiene como objetivo contener, proteger, conservar y transportar el producto, además de facilitar su venta por medio de una buena comunicación visual.

El empaque de material PET es utilizado para el envasado primario de productos líquidos químicos, bebidas y alimentos líquidos, etc. Por esta razón, las propiedades físicas del polímero influyen en las características del envase. Por ejemplo, el PET es un material resistente a la corrosión producida por el pH del alimento, posee un peso ligero y es un material seguro, no se rompe ni oxida, por lo mismo cumple eficientemente la función de proteger y conservar el producto (MINCETUR, 2009).

La forma del empaque puede variar según el material a contener o el diseño que se desee dar al consumidor. Sin embargo, para que un envase sea funcional existen partes esenciales que deben contener, las cuales se muestran en la Figura 2, y son las siguientes: Rosca, cuello, pecho, hombros superiores, radio, área de etiqueta, panel medio, botón superior y botón inferior (ESUMER, 2010).

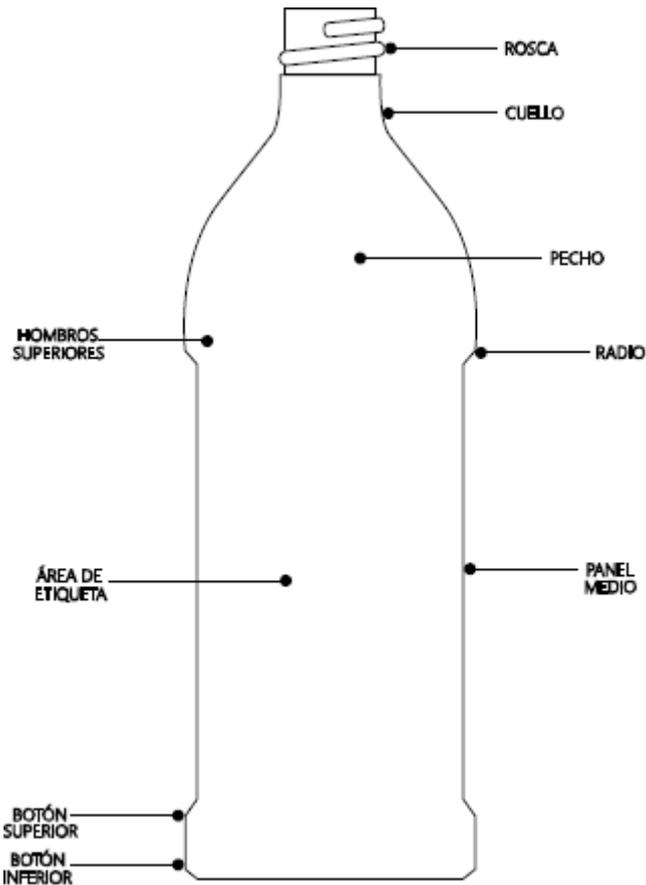


Figura 2: Partes del envase.

FUENTE: ESUMER (2010).

Un dato importante con respecto al diseño del envase, es que tanto los hombros superiores como los hombros inferiores deben tener la misma medida de diámetro porque al encontrarse en una línea de llenado, los envases deben mantener el equilibrio con 4 puntos de encuentro. Además, el área de etiqueta debe tener menor diámetro para procurar proteger la etiqueta (Dechema, 2009).

2.2. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL PET

El proceso de transformación del PET se da a partir de la refinación del petróleo, obteniendo ácido tereftálico y monoetilenglicol, los cuales, con procesos de polimerización, extrusión y pelletizado se obtiene PET amorfo, el cual ingresa a un proceso de cristalización y polimerización en fase sólida para obtener PET cristalizado (resina). Luego, por medio de una inyección se obtienen las preformas, las cuales son sometidas a un moldeo, con calor e inyección de aire limpio, obteniendo el envase final (QuimiNet, 2005). La Figura 3 muestra

el diagrama de flujo del proceso productivo de los envases de PET:

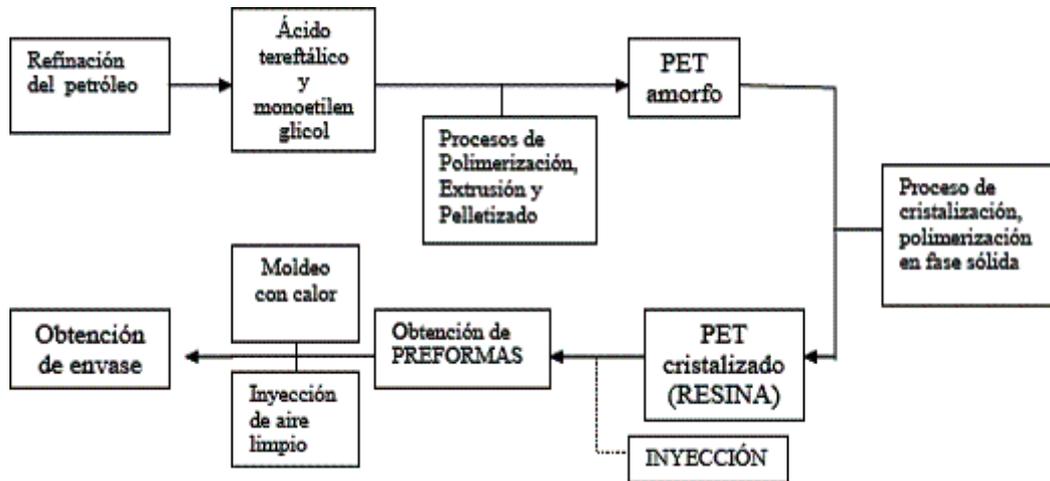


Figura 3: Diagrama de flujo para la producción del PET.

FUENTE: QuimiNet (2005).

2.3. SOPLADO

El proceso de soplado está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos; una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente. Aunque hay diferencias considerables en los diferentes procesos de soplado, todos precursor o preforma, su colocación en un molde hembra cerrado, y la acción de soplarlo con aire para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde, creando así el producto final (Beltrán, 2012).

2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOPLADO

En el proceso de la elaboración de los envases en la industria embotelladora, la resina se presenta en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, secos, se funden e inyectan a presión; de las que se producen las preformas que son recipientes aún no inflados y que sólo presentan la boca del envase en forma definitiva. Después, las preformas son sometidas a un proceso de calentamiento preciso y gradual, posteriormente se colocan dentro de un molde y se les estira por medio de una varilla o pistón hasta alcanzar su tamaño definitivo, entonces se les infla con aire a presión hasta que toman la forma del molde y se forma el envase típico.

Gracias a este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red; esta disposición da al material propiedades de alta resistencia mecánica y baja permeabilidad a gases y vapores (Mercado, 2015). La Figura 4 muestra el proceso de soplado a partir de la preforma.

El material de plástico en general se ablanda al recibir el efecto térmico, obteniendo la plasticidad, propiedad que permite que se deforme de acuerdo a la fuerza exterior recibida y colabora en mantener dicha deformación, aún después de eliminarse esta fuerza (Basurto, 2016).

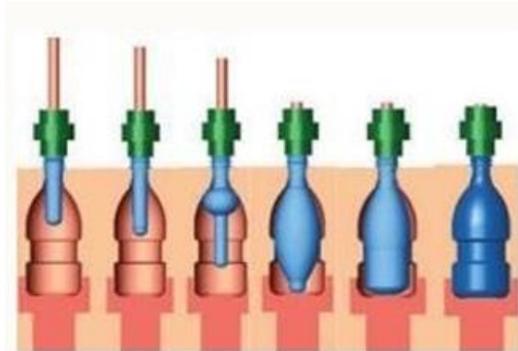


Figura 4: Proceso de soplado a partir de la preforma.

FUENTE: Mercado (2015).

2.3.2. CONTROL DE CALIDAD EN EL ENVASE SOPLADO

El objetivo del control de calidad al envase soplado es de proporcionar datos para valorar si el envase o producto plástico cumple con los estándares establecidos para lo cual ha sido diseñado (Sierra et al., 2010).

La forma del envase puede cambiar dependiendo del gusto de la persona que lo compre, el producto que contiene o del material del que está hecho. Sin embargo, para que un envase sea funcional existen 5 partes esenciales que debe tener, estas son los hombros superiores e inferiores del envase, el área de etiqueta o panel medio, cuello y rosca (Hachi y Rodríguez, 2010).

Por otro lado, si nos centramos en la apariencia de la botella, Castro (2014), señala que se

debe de observar cada botella, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Manchas en el interior y en la superficie de la botella.
- Acumulación de material.
- Rayaduras, abolladuras, o raspaduras.
- Picaduras, agujeros, grietas, etc.
- Suciedad.
- Marcas de condensación de agua.
- Deformación general del envase (finish, cuerpo y base).
- Zonas muy blandas o muy duras.
- Ovalicidad o no.
- Alguna otra imperfección visual.

2.3.3. TRANSFERENCIA DE MASA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS

Las operaciones de transferencia de masa se caracterizan por transferir una sustancia a través de otras a escala molecular (Treybal, 2008).

En las operaciones de transferencia de masa, ninguna de las fases en el equilibrio consta de un único componente. Por ello, cuando inicialmente se ponen en contacto las dos fases, el sistema trata de alcanzar el equilibrio mediante un movimiento de difusión relativamente lento de los componentes, los cuales se transfieren parcialmente entre las fases en el proceso (Treybal, 2008).

a. Difusión molecular

La difusión molecular se presenta como un fenómeno en muchos campos de investigación como física, química, biología, medicina, fisiología, entre otros. A la difusión molecular usualmente solo se le llama difusión (Masciarelli *et al.*, 2012).

La difusión se puede describir como el transporte neto de moléculas de una región de alta concentración a una región de baja concentración por el movimiento molecular aleatorio. El resultado de la difusión es la mezcla gradual de los materiales hasta que las concentraciones llegan a ser las mismas (Masciarelli *et al.*, 2012).

Tomas Graham (1805–1869) fue un químico escocés muy conocido por su trabajo sobre difusión de gases, realizado entre 1828 y 1833. En uno de sus experimentos, se llena un tubo con hidrógeno y se introduce en el recipiente con agua con un tapón de corcho en el extremo superior. El hidrógeno se difunde hacia el exterior atravesando el tapón, mientras que el aire del exterior se difunde hacia el interior por medio del mismo tapón. Como la difusión del hidrógeno se da más rápidamente, el nivel del agua dentro del tubo subirá debido a la aparición de una diferencia de presión. Para eliminar el gradiente de presión, Graham bajó el tubo progresivamente para que el nivel del agua permaneciera constante durante el experimento. Por lo tanto, sus resultados experimentales condujeron a una caracterización de cambio de volumen de los gases, pues el cambio de volumen observado es una característica de la difusión (Juarez, 2015).

Por otro lado, Fick supuso que el flujo de materia es proporcional a su gradiente de concentración, con un factor de proporcionalidad D , al cual llamó constante que depende de la naturaleza de las sustancias. Siguiendo el experimento de Graham, consideró un tubo vertical, llevando el modelo en términos de diferenciales: toma una capa de concentración C definida por dos planos horizontales x y $x + dx$, y escribe la cantidad de solvente difundiéndose durante el intervalo de tiempo dt en la capa adyacente $(x + dx, x + 2dx)$ en la cual la concentración es $C + (dC/dx) dx$, como (Juarez, 2015):

$$-A D \frac{dC}{dx} dt ,$$

donde A es el área a través de la cual la difusión ocurre.

La ley fundamental de difusión está dada por la ecuación de difusión (la llamada segunda ley de Fick) la cual derivó, de acuerdo al modelo de desarrollo matemático de Fourier (Juarez, 2015):

$$\frac{\delta C}{\delta t} = D \left(\frac{\delta^2 C}{\delta x^2} + \frac{1}{A} \frac{dA}{dx} \frac{\delta C}{\delta x} \right)$$

Con la sección transversal A como función de x. En el caso de una sección transversal de área constante se tiene (Juarez, 2015):

$$\frac{\delta C}{\delta t} = D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2}$$

b. Permeabilidad en envases pet

Ariosti (2018), indica que la permeabilidad es el paso de gases, vapores y aromas (permeantes) a través de los materiales plásticos, hacia adentro o hacia afuera del envase. Recalca también, que la velocidad de transmisión de oxígeno de los envases PET a 23 °C y en films de 25 µm es de 50 m³ / m².día.atm y la velocidad de transmisión de vapor de agua es de 20 g/ m².día a 38 °C con 90% HR. Por último, la permeabilidad del CO₂ en films de 25 µm de PET es de 4 000 a 10 000 ml / m² a 1 atm a 25 °C.

Méndez (2018), menciona que en envases de bebidas carbonatadas se presentan cuatro mecanismos de permeación:

- Pérdida de dióxido de carbono, que hace que una bebida pierda su efervescencia.
- Pérdida de vapor de agua, que puede reducir el nivel de llenado.
- Absorción de oxígeno, que puede causar la degradación del producto.
- Pérdida de aroma, que puede afectar el sabor

Adicionalmente, Méndez (2018), indica que la difusión es causada por la diferencia en la concentración de sustancias gaseosas en el exterior y el interior del empaque: La dirección de penetración está hacia el lado de menor concentración. Todos los plásticos permiten que los gases y vapores penetren en cierta medida. La velocidad de permeación depende del tipo de plástico, el espesor, el gas o vapor involucrado y la presencia de calor y humedad.

Cabe mencionar que el éxito que ha consolidado al material PET dentro del sector del empaque, específicamente de bebidas o alimentos, son sus cualidades o propiedades técnicas, como la ligereza, transparencia y flexibilidad, entre otras. Sin embargo, uno de los factores críticos en la selección de materiales de envasado de alimentos es la permeabilidad y la velocidad de transmisión (propiedades barreras), con respecto a otros materiales

plásticos (Méndez, 2018).

2.4. ALIGERAMIENTO DE ENVASES

La minimización puede considerarse como la reducción de la cantidad y toxicidad de los residuos generados en toda actividad o proceso de producción, concepto que incluye la reducción de los recursos naturales empleados para la fabricación de un producto. Una ventaja de la minimización es el ahorro ambiental y económico asociado a la eliminación de los residuos generados. Otras ventajas de la minimización, señaladas por Elías (2012), son las siguientes:

- Mejor aprovechamiento de los recursos naturales.
- Disminución de emisores contaminantes.
- Menores presiones legislativas.
- Mayor rendimiento de los procesos productivos.

Durante los últimos años, la cantidad de material que integra el elemento contenedor, ya sea plástico, vidrio o metal, se ha ido reduciendo en porcentajes importantes. Este proceso es denominado “Aligeramiento de peso” o “reducción de calibre” ha sido desarrollado por la industria del envase y embalaje por motivos estrictamente económicos. Cuando menos material se utiliza, menor es el costo y más barata es la distribución. Además, la legislación de diversos países obliga a la reducción del peso, centrándose casi exclusivamente en criterios de tipo medioambiental, dado que un porcentaje muy elevado de los componentes de los residuos sólidos urbanos, lo representan los envases y embalajes. El aligeramiento de peso supone un auténtico reto tecnológico por cuanto ha obligado a diseñar recipientes con paredes más delgadas con la misma resistencia y prestaciones, o bien debe acudir a la búsqueda de nuevos materiales (Elías, 2000).

Con respecto al proceso de aligeramiento de envases, Arto (2010), indica que deberá tomarse en cuenta diversos detalles, y por ello, debe considerarse como un proyecto integral del envase lo siguiente:

- Involucramiento del consumidor final para la aceptación de envases más ligeros.
- Tamaño y diseño de las botellas: Con una adecuada distribución del material y

reforzando sus áreas más críticas (hombros, fondo, agarre).

- Equipos de prototipado y test que permitan una evaluación de viabilidad industrial y logística temprana (análisis de estabilidad y carga vertical, *shelf life*).
- Cuellos y cierres más ligeros. Fondos ligeros y reforzados (contra el *stress cracking*).
- Tapones aligerados que garanticen la funcionalidad y estanqueidad.
- Preformas adecuadas para permitir grandes ratios de estiro (*Stretch ratios*).
- Resinas de PET especiales para permitir el proceso de botellas muy ligeras (fluidez, cristalización inhibida) con las adecuadas prestaciones mecánicas.
- Tecnología y equipos de Inyección y soplado por moldeo para permitir procesar eficientemente las preformas y botellas.
- Adaptación de líneas de llenado, lavado, etiquetado, alimentación y empaquetado.
- Etc.

2.5. ESTÁNDARES ASOCIADOS A LA CALIDAD DEL ENVASE DE PET

Si bien no existen normas legales nacionales que establezcan los estándares de calidad del envase de PET, se cuenta con el Estándar Nacional de Botellas PET no retornable para bebida carbonatada, no carbonatada y aguas de Arca Continental Lindley.

2.5.1. PRINCIPALES INDICADORES DE CALIDAD DEL ENVASE DE PET

La cantidad de indicadores de calidad de un envase de PET, dependen exclusivamente de la exigencia y estándares de la empresa que los produce o los adquiere, estando entre ellos: La apariencia, la resistencia a la presión interna, resistencia al stress cracking, dimensiones del envase, peso del envase, carbonatación, perpendicularidad, etc. A continuación, se describe los cuatro indicadores utilizados en el desarrollo del presente trabajo.

- **Verificación de la apariencia general de la botella PET**, su objetivo es asegurar que las botellas PET estén libres de imperfecciones visuales y al tacto. Los resultados conformes son botella cristalina y transparente, sin imperfecciones ni evidencias de ovalización, con marcas de identificación legibles; siendo los no conformes la presencia de alguna imperfección señalada anteriormente (Sierra *et al.*, 2010).

- **Verificación de la resistencia a la presión interna de botellas PET**, se usa para determinar la presión de rotura (explosión) del envase PET. También mide la resistencia a la presión interna y la expansión volumétrica de las botellas PET. Por lo tanto, se le aplica presión continua a la botella durante un minuto, siendo la prueba satisfactoria si el material no presenta fractura o estallido dentro del equipo. Este procedimiento simula la presión de la llenadora, después de la carbonatación (Martínez, 2014).

Para la realización de esta prueba, se utiliza el equipo PPT3000 Agr International, el cual utiliza la técnica de contrapresión (AGR International Inc., 2017).

- **Verificación de la resistencia al *stress cracking* cáustico de la botella PET**, para controlar el nivel de fisuras o rotura por fatiga del fondo de la botella se debe de realizar una prueba de ataque químico denominada *Stress Cracking* para prevenir defectos en las botellas sopladas (AIMPLAS, 2014).
- **Determinación de la carbonatación del producto terminado embotellado**, consiste en determinar los volúmenes de dióxido de carbono disueltos en la bebida embotellada, que debe estar con la correcta altura de llenado (Rojas, 2002).

Se le llama carbonatación al proceso de saturar una solución o jarabe con dióxido de carbono, logrando que este último se disuelva y se mezcle para formar ácido carbónico. El ácido carbónico se forma en poca proporción con respecto a la disolución del dióxido en el agua, y se debe a que resulta altamente inestable, volviendo a formar agua y gas, generando la sensación de efervescencia en la boca (Isea y María., 1998).

El dióxido de carbono (CO₂) ofrece a la bebida un sabor picante, ácido y espumoso. También actúa como conservante contra la levadura, el moho y las bacterias. Este debe ser de calidad alimentaria y libre de impurezas que pueden afectar el sabor o el olor del producto final. La unidad de medida del CO₂ disuelto es volúmenes del gas corregidos a la temperatura y presión normal (T = 0 °C y P = 101 325 kPa), por

volúmenes de líquido, conocido como volúmenes de CO₂. La NTP 214.001: 1985 (Revisada el 2012). Bebidas gasificadas jarabeadas. Requisitos, establece que las bebidas gasificadas deben tener una cantidad de CO₂ no menor de 1,5 volúmenes ni mayor de 5 volúmenes de CO₂ (Maticorena, 2016).

La solubilidad del CO₂ en el agua varía en función de la temperatura del agua y la presión del gas. Asimismo, se ve disminuida con el aumento de la temperatura y aumenta con el aumento de la presión (Maticorena, 2016).

Otros factores que determinan el grado de carbonatación son: La presión del sistema, la temperatura del líquido, tiempo de contacto, área interfacial entre el líquido y el CO₂, afinidad del líquido por el CO₂ y presencia de otros gases (Guevara & Cansino, 2015).

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La estadística es la ciencia que estudia conjuntos de datos cualitativos y su interpretación en términos matemáticos, estableciendo métodos para la obtención de las medidas que lo describen, así como para el análisis de las conclusiones, con especial referencia a la teoría de la probabilidad, considerada también como ciencia de base matemática para la toma de decisiones en presencia de la incertidumbre. Indica una medida o fórmula especial, tal como un promedio, un número índice o un coeficiente de correlación, calculado sobre la base de los datos. Considerada también como un suministro de un conjunto de herramientas sumamente útiles en la investigación (Badii *et al.*, 2004).

2.6.1. DISTRIBUCIÓN DE t DE STUDENT

La distribución t de Student, inicialmente se diseñó para examinar las diferencias entre dos muestras independientes y pequeñas que tengan distribución normal y homogeneidad en sus varianzas (en el artículo original, el autor no define qué es una muestra grande y/o pequeña). Sin embargo, es necesario comprobar inicialmente la normalidad de las dos muestras, ya que es crucial en el desarrollo de la prueba (Sánchez, 2015).

2.7. PERCEPCIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO

Uno de los ámbitos de estudio más relevantes en cuanto a satisfacción de los clientes tiene que ver con las percepciones de los usuarios. Los investigadores del consumidor utilizan diferentes técnicas para obtener información acerca de los consumidores. Por ejemplo, encuestas, sesiones de grupo, experimentos y la observación (Mellado *et al.*, 2013).

2.7.1. FOCUS GROUP

Es un método o sistema de recolección de información necesaria para efectuar una investigación. Este tipo de técnica se suelen utilizar mucho en marketing para hacer pruebas de producto y recibir retroalimentación de un grupo de personas (García, 2018).

a. Descripción de la metodología

Los focus groups suelen realizarse en grupos reducidos de entre 6 y 12 personas. El objetivo principal de esta actividad es conocer de primera mano y analizar los diferentes elementos que impactan en la experiencia que vive un segmento de clientes. También puede aplicarse como testeo de prototipos de productos, marcas, slogans y hasta envases o empaquetados (Rodríguez, 2019).

Hay un perfil clave que es el moderador, imprescindible para guiar al grupo durante la sesión. El moderador se rige por una guía de tópicos o guión de la reunión, elaborado previamente, donde se recogen algunas cuestiones, puntos y subtemas a tratar a lo largo de la sesión. Se requiere de una persona con formación adecuada y experiencia en la realización de este tipo de dinámicas; gran parte de la cantidad y calidad de los datos que obtengamos con el grupo va a depender de que el moderador sepa hacer bien su trabajo, consiga hacer sentir bien a los participantes y los motive durante la sesión.

Por todo ello es fundamental la capacidad de comunicación y empatía que tenga el moderador, creando un ambiente agradable para que se sientan relajados y tengan ganas de interactuar (Iglesias, 2017).

La sesión dura un máximo de dos horas y a lo largo de ese tiempo el moderador irá tocando todos los puntos que había propuesto en su guión. La idea es que el moderador no opine, sea un simple guía que ayude a dirigir la conversación hacia los temas a tratar según vayan saliendo con naturalidad, también ayuda a agilizar el grupo, a fomentar que todos participen, a ayudar al diálogo y a evitar el estancamiento en algún tema (Iglesias, 2017).

b. Ventajas de la metodología

Las principales ventajas son (Iglesias, 2017):

- En poco tiempo se puede tener una gran cantidad de información.
- Permite conocer la realidad de diferentes personas y grupos y compararlos de una manera bastante sencilla.
- Es una dinámica bastante entretenida por lo que los asistentes suelen ser muy participativos.
- Es útil tanto en fases iniciales de un proyecto o investigación como para corroborar hipótesis o realizar mejoras (fase de testeo).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE REALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en la Planta de producción, sede Pucusana, de bebidas carbonatadas de Arca Continental Lindley.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIALES

- Preformas aligeradas (19,7 g) y preformas estándar (23,7 g).
Con respecto al plan de marketing del año 2016, la organización estableció lineamientos con respecto al consumo de materiales plásticos en las plantas de producción, con el objetivo de poder presentar una mejor imagen de conciencia ambiental ante el público. Dentro de estos lineamientos, se encontró la disminución de uso de plásticos en la fabricación de envases para bebidas carbonatadas, por lo que se procedió a escoger la presentación y marca más adecuada para el plan. La escogida fue la presentación de Inca Kola del formato de 500 ml; dado que el aligeramiento de este envase, era el que más rango de disminución de peso presentaba, de acuerdo a las propuestas realizadas por el proveedor de las preformas. La resina de las preformas utilizadas es Laser+® (MB912), la cual cuenta con las siguientes propiedades:

Propiedad	Valor Típico, Unidades ^b
Densidad Cristalina	1.4 g/cm ³
Densidad a Granel	870 kg/m ³ (54.4 lb/ft ³)
Densidad estado fundido @ 285 °C (545 °F)	1.2 g/cm ³
Pico de Punto de Fusión Cristalino (T _m) ^c	245 °C (473 °F)
Calor de Fusión ^d	59 kJ/kg (14 cal/g)
Calor Específico ^e	
@ 23 °C (73 °F)	1.2 kJ/kg·K (0.24 Btu/lb·°F)
@ 80 °C (176 °F)	1.4 kJ/kg·K (0.29 Btu/lb·°F)
@ 100 °C (212 °F)	1.5 kJ/kg·K (0.33 Btu/lb·°F)
@ 200 °C (392 °F)	1.9 kJ/kg·K (0.41 Btu/lb·°F)
@ 280 °C (536 °F)	2.1 kJ/kg·K (0.45 Btu/lb·°F)
Tamaño de Pellet	2.5 mm (0.1 in.)
Forma de Pellet	Cilíndrico

Figura 5: Propiedades de la resina utilizada en las preformas.

FUENTE: Dak Americas (2012).

- Accesorios para protección personal: Gafas, guantes, mascarilla, bata.
- Termómetro digital con graduación de 0,1°C.
- Manómetro digital con graduación de 0,1 psi.
- Lámpara de inspección de apariencia.
- Compartimiento de bandeja de acero inoxidable
- Tapa de acero inoxidable.
- Cronómetro.
- Aire comprimido regulado a 531±4 kilopascal (77 ±0,5 psi).
- Plumón marcador de tinta indeleble.
- Agua potable.

3.2.2. EQUIPOS

- Sopladora y llenadora de botellas PET, marca SIDEL. Capacidad: 30 000 botellas por hora. Procedencia: Italia.
- Baño María con termostato Thermo Scientific TS CIR19. Procedencia: Alemania.
- Equipo para la Determinación de Presión Interna Agr International, PTT3000. Procedencia: USA.
- Probador de Carbonatación Zahm & Nagel, Serie 7 000. Procedencia: USA.

3.3. REACTIVOS

- Hidróxido de Sodio (NaOH).

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

3.4.1. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENVASES (MUESTRAS)

Para determinar el número de observaciones o muestras requerido, es necesario, previamente, tener en cuenta los niveles de confianza y precisión deseados. Para esto se contó con registros previos de la organización de donde se obtuvo la precisión de las máquinas en el proceso de soplado (cercana al 99%). Se trabajó el nivel de confianza al 95%, según lo requerido por los estándares de la organización. Luego de esto, la siguiente fórmula (1) proporcionó el tamaño de la muestra para los niveles de confianza y precisión deseados:

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra requerido

Z_a^2 = Número de Desviaciones Normales Estándar para un nivel de Confianza del 95%

p = Valor estimado de la proporción de la producción producida correctamente

q = Valor estimado de la merma

d = Nivel de error aceptable

Esta ecuación mencionada por Heizer y Render (2009), en el libro de Principios de Administración de Operaciones, se utiliza en muestreos de aceptación y control de trabajo (control de mermas en procesos), cuando se conocen o se tienen registros históricos de la proporción de errores o merma dentro de un proceso, y cuando la población total es desconocida. De esta manera se obtiene un número limitado de observaciones que representa a la población en total.

Considerando que la llenadora cuenta con una merma aproximada entre 200 a 300 envases por hora y que la producción es de aproximadamente 30 000 botellas por hora, el valor esperado de producción es del 99%, por tanto, $p = 0,99$ (valor de la producción producido de manera correcta) y $q = 0,01$ (valor de la merma); y tomando en cuenta el error aceptable o desvío de $\pm 0,5$ gramos de la preforma estudiada (indicado por el proveedor).

Para obtener el valor del nivel de error aceptable, se consideró el peso, tanto de la preforma aligerada como de la estándar, las cuales tuvieron una aceptación de $\pm 0,5$ gramos indicado por el proveedor. Luego, este valor se convirtió a porcentaje:

- **Preforma aligerada** $\rightarrow 0,5/19,7 = 2,58 \%$
- **Preforma estándar** $\rightarrow 0,5/23,7 = 2,11 \%$

Por ello, se trabajaron las dos preformas con un error de aceptación de 3% o 0,03; ya que se consideró el valor más alto, el de la preforma aligerada. Finalmente, se estableció un valor de desviación de $d = 0,03$.

Por lo tanto, aplicando lo expuesto en la fórmula (1), con un Intervalo de Confianza del 95% ($Z_{\alpha} = 1,96$), una merma máxima del 1% ($q = 0,01$), un Valor esperado del 99% ($p = 0,99$) y un nivel de error del producto de 3% ($d = 0,03$), se obtuvo el siguiente resultado:

$$n = \frac{(1,96^2)(0,99)(0,01)}{(0,03^2)} = 42,257 \dots \dots \dots (2)$$

Para efecto de este trabajo de Investigación, se decidió utilizar 45 individuos, tanto de preformas aligeradas como de preformas estándar, las cuales fueron colocadas en una línea de producción con los mismos operarios en el mismo turno y el mismo día para tratar de controlar la mayor cantidad de variables posibles.

3.4.2. VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA GENERAL DE LA BOTELLA PET

Se colocó cada botella cerca de la lámpara de inspección de apariencia, con inclinación de aproximadamente 45° a una distancia de 30 a 40 cm de los ojos y se observó cada botella, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Manchas en el interior y en la superficie de la botella, debido a la distribución de la estructura de redes de PET.
- Acumulación de material.
- Rayaduras, abolladuras, o raspaduras.
- Áreas de perlescencia (color liso o efecto perlado), opalescencia (aspecto lechoso) o decoloración (pérdida de color).
- Picaduras, agujeros, grietas, etc.
- Suciedad externa del envase.
- Marcas de condensación de agua (presencia burbujas de aire o vapor de agua en la superficie de la botella).
- Deformación general del envase (finish, cuerpo y base).
- Zonas muy blandas o muy duras (revisión superficial del envase).
- Si presenta ovalicidad o no (presencia de deformación de la botella soplada).
- Alguna otra imperfección visual.

La verificación de apariencia, la lleva a cabo un personal entrenado denominado: Inspector de Procesos. La Figura 6 muestra al Inspector de Procesos realizando esta labor.



Figura 6: Proceso de verificación de apariencia.

3.4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA DE BOTELLAS PET

Se siguieron los pasos indicados en el Procedimiento de Corporación Lindley S.A., titulado: Verificación de la Resistencia a la Presión Interna de las Botellas PET NR (CL-SV-L-0040), basado en la Norma ASTM D1599- 18: *Standard Test Method for Resistance to Short-Time Hydraulic Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings*.

a. Botellas PET NR para bebida Carbonatada.

Se parametrizó el equipo PTT3000 en perfil “personalizado” según el tipo y capacidad de la botella.

- **Primera etapa:** Se incrementó la presión desde 0 hasta 135 psi, a razón de 10 psi/s. con tiempo de duración de 13,5 segundos.
- **Segunda etapa:** Se mantuvo la presión constante de 135 psi por 13 segundos.
- **Tercera etapa:** Se incrementó la presión desde 135 psi hasta la presión final de 205 psi a razón de 10 psi/s., siendo la presión promedio final mínima requerida de 175 psi.

Se tomaron las 90 botellas, 45 botellas provenientes de preformas aligeradas y 45 de preformas estándar, y se marcaron los envases con el plumón marcador (según número de muestra). Se seleccionó la parametrización según la capacidad de la botella (500 ml) y se presionó la tecla “cargar” para luego presionar “enter o retorno”. Se sujetó la botella en el “collarín de sujeción” dentro de la cabina de seguridad y se centró con el conector de agua. Se cerró la cabina de seguridad y se presionó el botón “▶ - inicio”. Se llenó la botella PET con agua potable a temperatura ambiente hasta el cuello y se esperó a que finalice automáticamente la prueba. Se registraron los resultados de la presión máxima a la que llegó la botella sin explotar o deformarse. En caso de que la botella explote o se deforme se considera una prueba negativa y la muestra debe ser descartada.

La labor de verificación de la resistencia a la presión interna de botellas PET, la lleva a cabo un personal capacitado para ello, denominado: Inspector de Procesos. A continuación, en la Figura 7, se muestra la descripción del procedimiento.

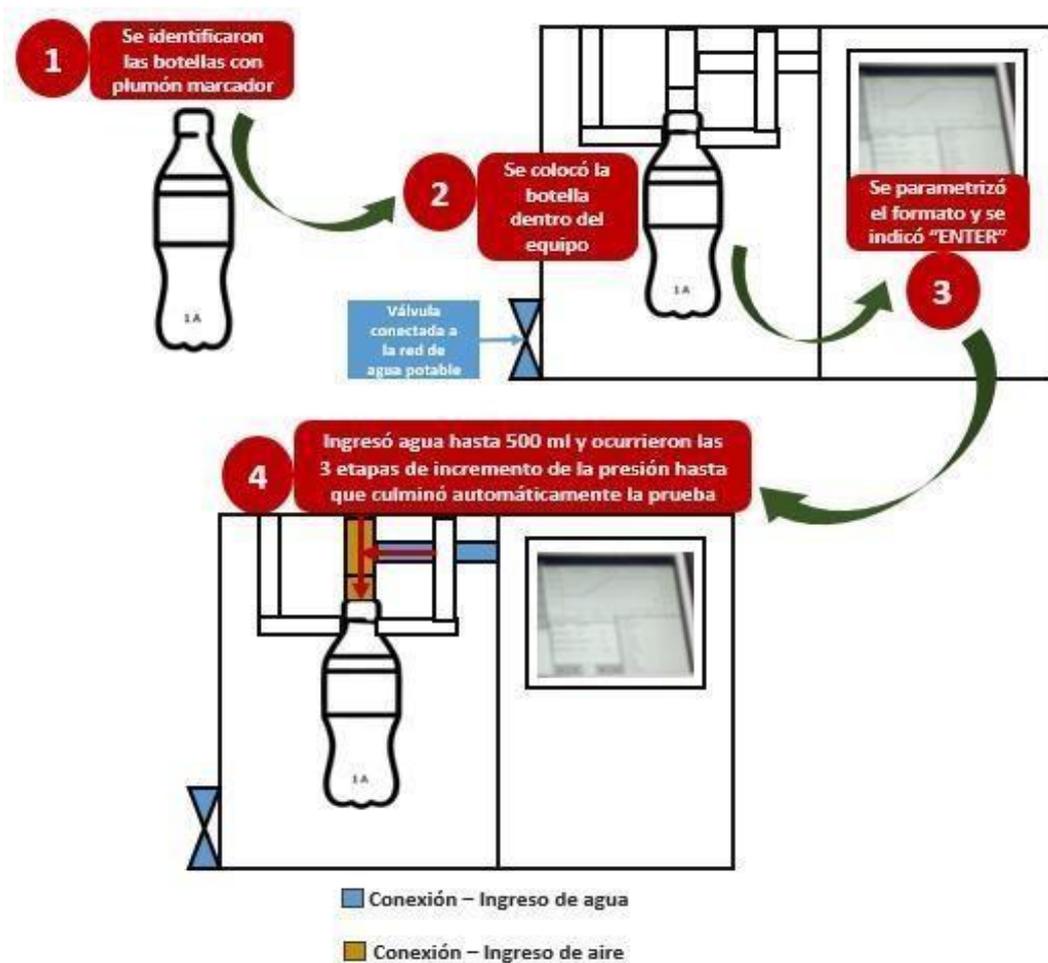


Figura 7: Esquema de la verificación de la resistencia a la presión interna.

3.4.4. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL *STRESS CRACKING* CÁUSTICO DE LA BOTELLA PET

Se siguieron los pasos indicados en el Procedimiento de Corporación Lindley S.A., titulado: Verificación de la Resistencia al *Stress Cracking* Caústico de la Botella PET No Retornable (CL-SV-L-0005), basado en la Norma ASTM D2561-95: *Standard test method for environmental stress-crack resistance of blow-molded polyethylene containers*.

Se rotularon las 90 botellas, 45 botellas provenientes de preformas aligeradas y 45 de preformas estándar, así como la cavidad de la cual provienen, y se procedió a llenar cada botella con el contenido neto de agua, la cual se encontraba a una temperatura de 22 ± 1 °C (72 ± 2 °F), con ayuda de un baño María controlado. Por otro lado, en las bandejas en las cuales se iban a colocar las botellas, se adicionó la solución de NaOH al 0,2% (la cual debe encontrarse a una temperatura ambiente o 22 ± 1 °C), hasta que la solución de soda cubra la base de la botella. Se pusieron las botellas sobre las bandejas y se colocaron los cabezales a la botella, los cuales estuvieron conectados al regulador de aire comprimido y se taparon las cubetas con una tapa de acero inoxidable. Se presurizó las botellas con aire comprimido a la presión interna de $77 \pm 0,5$ psi, por 30 segundos. Las botellas PET que contienen aire presurizado, deberán resistir sin explotar o presentar fuga de contenido el tiempo indicado (15 minutos).

Se registró el tiempo de inicio hasta cumplirse los 15 minutos de la prueba o hasta que la botella PET explote o presente fuga de contenido (escape lento evidenciado por la caída del punto de llenado) antes de cumplir los 15 minutos. La labor de verificación de la resistencia al stress cracking de botellas PET, la lleva a cabo un personal capacitado para ello, denominado: Inspector de Procesos.

A continuación, en la Figura 8, se muestra la descripción del procedimiento:

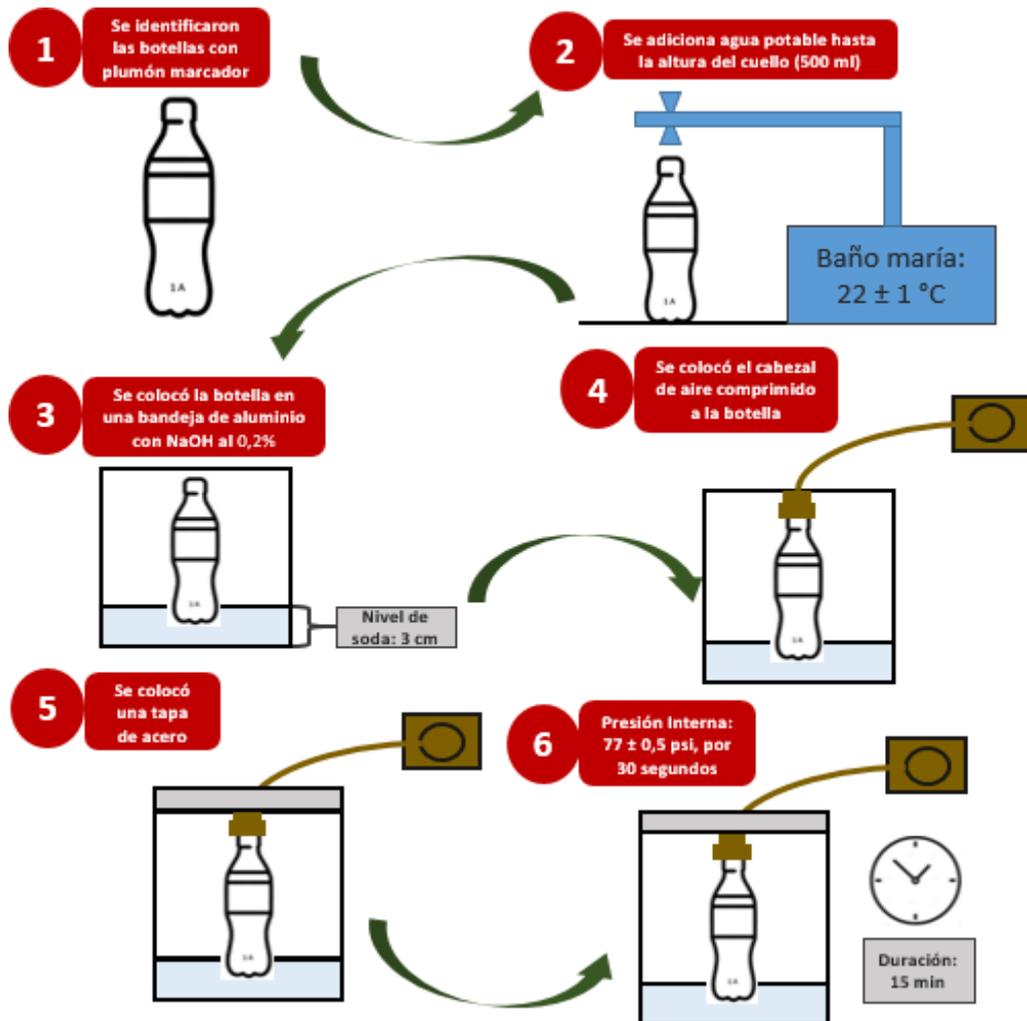


Figura 8: Esquema de la verificación de la resistencia al Stress Cracking.

3.4.5. DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO EMBOTELLADO

Esta medición en base a la Norma ASTM F115-16: *Standard Test Method for Determining the Carbon Dioxide Loss of Beverage Containers*.

Para la determinación de la carbonatación se siguió un plan de muestreo basado en tomar 45 muestras de Producto Terminado a los 0, 7, 14 y 28 días, producto elaborado con las preformas aligeradas y las preformas estándar. La medida de carbonatación a los 0 días de producción se realiza para obtener la concentración inicial que se utilizará como referencia. La medición a los 7 días se realiza debido a que este es el tiempo estimado para que el producto terminado abandone las instalaciones de la planta de producción (también conocido

como tiempo de “Cuarentena”). La medición a los 14 días se realiza porque este es el tiempo estimado para que el producto terminado llegue a los Centros de Distribución Intermedia, y finalmente la medición a los 28 días se realiza considerando el fin de la vida útil de concentración de oxígeno organoléptico, de acuerdo al protocolo de monitoreo de la empresa.

a. Preparación de la muestra

Se tomó la muestra proveniente de preforma aligerada y de preforma estándar; y se marcaron los envases con el plumón marcador (según número de muestra). Para ejecutar la prueba, la temperatura de la muestra de producto terminado debió encontrarse a 20 ± 1 °C. Para las muestras con más de 24 horas de haber sido embotelladas, fue necesario que la temperatura de la muestra se encuentre en equilibrio con la temperatura del laboratorio, para lo cual, se dejó en reposo la muestra por lo menos 12 horas en el ambiente mencionado. La temperatura de este ambiente estuvo en 20 ± 1 °C.

b. Determinación de la prueba

Se procedió a cerrar la válvula de purga del probador de carbonatación Zahm & Nagel. Se colocó la botella en la base del probador de carbonatación, se desplazó la barra horizontal presionando los seguros de los extremos, de tal manera que el perforador se ubicó en la parte central de la tapa y el precinto de goma esté en contacto con la tapa. Se ejerció fuerza sobre la barra horizontal presionando los seguros de los extremos, para perforar la tapa de la botella evitando provocar burbujeo o agitar la botella antes de purgar. Seguidamente se abrió la válvula de purga para liberar el aire acumulado en el espacio libre de la botella teniendo cuidado de no provocar burbujeo ni agitar la botella y se cerró inmediatamente cuando el manómetro indicó cero.

Se agitó manualmente el conjunto del equipo hasta que la lectura de presión en el manómetro sea constante. Se leyó y registró la presión que se indica en el manómetro (psi) y se registró en un archivo en la computadora. Se abrió gradualmente la válvula de purga para liberar la presión, observando que la aguja del manómetro marque cero. Se retiró la botella del probador. Se tomó la temperatura de la bebida, insertando con cuidado el termómetro a través del agujero perforado de la tapa. Seguidamente, se esperó que la temperatura que indique el termómetro sea estable y se registró la temperatura, la cual presenta una plantilla excel para

poder determinar volúmenes de Dióxido de Carbono presentes en el producto terminado, ya que considera la siguiente ecuación (3), cuyo resultado se expresa con aproximación a 0,01 volúmenes:

$$\text{Volúmen de Carbonatación} = (E \times T \times P_r) + \left[\frac{A - (B \times T)}{(C \times T) - D} \times P_a \times T \right] \dots\dots (3)$$

Donde:

$$A = 0,01898$$

$$B = 4,7591 \times 10^{-5}$$

$$C = 0,03275$$

$$D = 7,9567$$

$$E = 2,6070 \times 10^{-4}$$

$$T = \text{Temperatura de la muestra (}^\circ\text{C)} + 273,16$$

$$P_r = \text{Presión de la muestra (psi)} \times 0,0703070/1,033227; 1\text{PSI} = 0,070307 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_a = P_r + 1$$

Considerar que A, B, C, D y E son constantes del equipo, dependientes de la temperatura a la que se realiza el ensayo.

La labor de determinación de la Carbonatación de botellas PET, la lleva a cabo un personal capacitado para ello, denominado: Inspector de Procesos.

A continuación, en la Figura 9, se muestra la descripción del procedimiento:

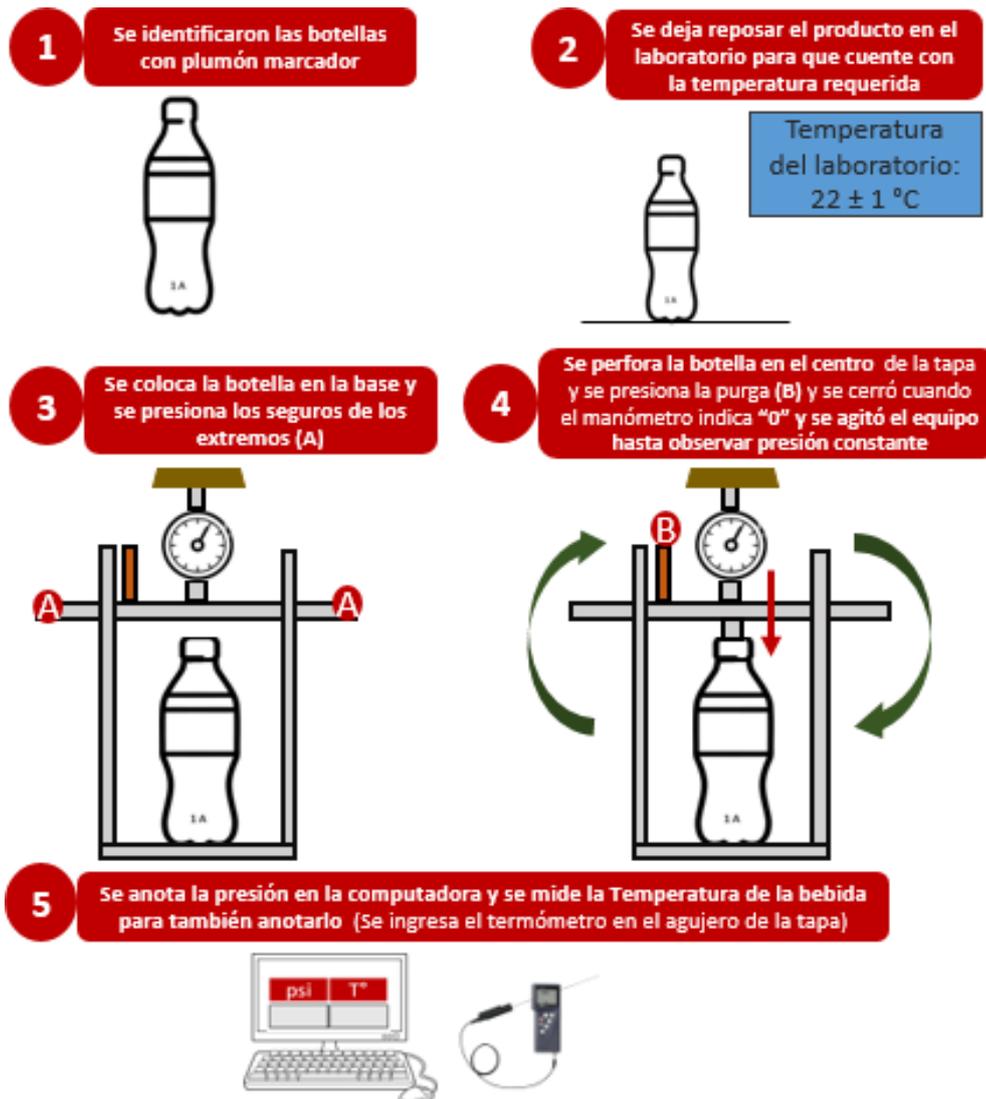


Figura 9: Esquema de la determinación de Carbonatación en el producto terminado.

3.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar, donde los tratamientos estaban representados por los tipos de las preformas: Aligerada y Estándar. Se controlaron el resto de variables que intervienen en el Proceso, tales como: Personal, maquinaria, método, etc.; asegurando que sean las mismas para cada tratamiento. Se tomaron al azar las 45 muestras para cada tratamiento y cada una de estas unidades de muestra fue sometida a los análisis mencionados (Apariencia, Presión Interna y *Stress Cracking*). En el caso de la prueba de Carbonatación, se tomaron envases con producto terminado de la misma línea de producción, de donde se

obtuvieron las otras unidades de muestra.

Los resultados de cada una de las pruebas se contrastaron entre tratamientos, utilizando la prueba de T de Student, demostrando previamente su normalidad (Sánchez, 2015), a través de la prueba de Anderson Darling. Todas estas pruebas se realizaron utilizando el software Minitab17.

3.4.7. PERCEPCIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO

TEMA: Percepción del público objetivo ante botellas provenientes de preformas aligeradas en Bebidas Carbonatadas.

OBJETIVO: Determinar la percepción del público objetivo ante botellas provenientes de preformas aligeradas en Bebidas Carbonatadas.

El tipo de estudio que se empleó para alcanzar el objetivo fue el del “Focus Group”.

a. Descripción del público objetivo

El público objetivo seleccionado para el producto de envase aligerado, son personas de entre 19 y 35 años, varones y mujeres de todos los estratos sociales y condición socioeconómica (ver Anexo 24 al Anexo 25).

Se seleccionaron al azar 10 personas para participar del grupo focal, pertenecientes al público objetivo. Para esto, se realizó una convocatoria abierta al público.

Para las condiciones socioeconómicas se consideró, que al ser los sectores B y C los más populosos, al menos la mitad de los participantes deberían pertenecer a estos sectores, siendo indiferentes con el resto. El lugar de residencia, debía ser en Lima o su periferia, tratando de abarcar las 4 direcciones alrededor del Centro Histórico. Así mismo, para participar del focus group era obligatorio ser un consumidor de bebidas gasificadas. A continuación, en la Figura 10, se detalla lo expuesto:

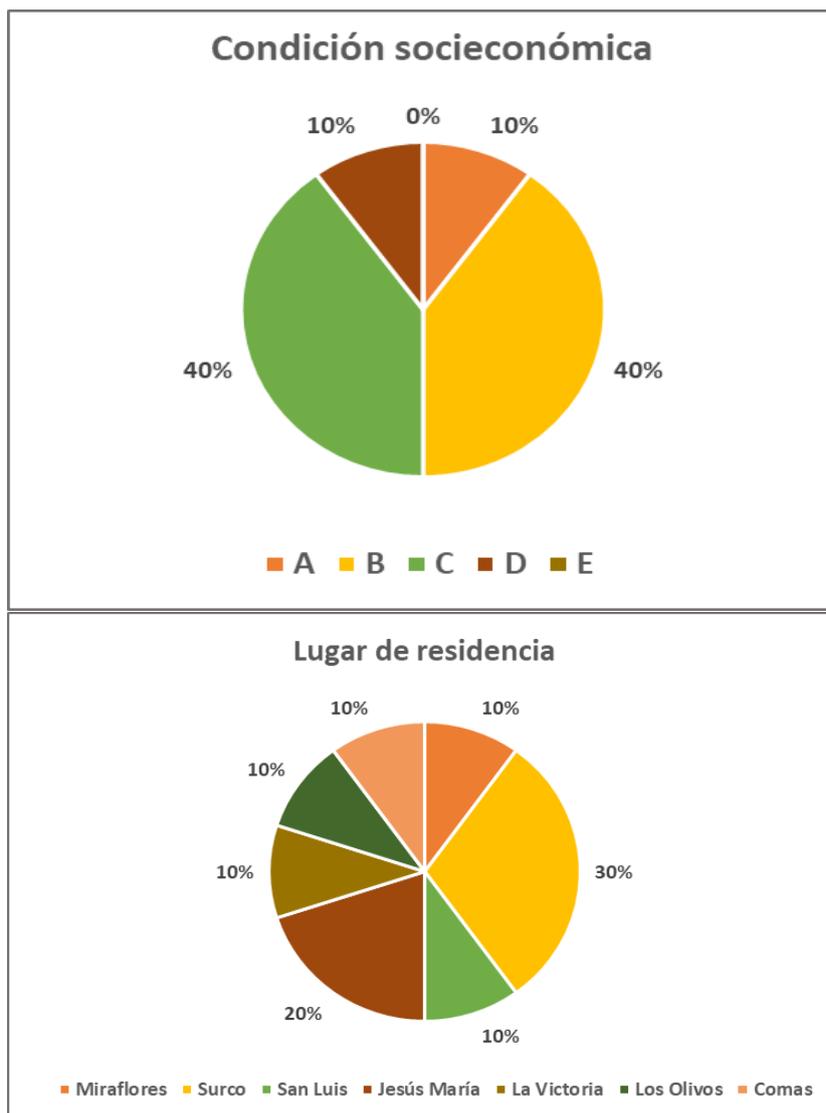


Figura 10: Condición socioeconómica y lugar de residencia de los participantes del Focus group.

b. Metodología del desarrollo del focus group

El focus group y las entrevistas duraron alrededor de una hora y media.

El focus group contó con un director o moderador que guiaba a los participantes en sus dudas con respecto al desarrollo del ejercicio, con el objetivo de obtener las respuestas más verídicas y objetivas de parte de los participantes. Para ello, se diseñaron las preguntas de tal manera que se inició con un preámbulo general de las bebidas carbonatadas hasta llegar a las preguntas objetivo. El moderador fue Eva León, quien desempeña labores de Marketing en la compañía encargada del proyecto; cuya función principal fue propiciar la diversidad de opiniones.

Para llevar a cabo la sesión, se acomodó el espacio adecuado y se asignó a un encargado de logística, quien tuvo la labor de reclutar a las personas, organizar las bebidas y los alimentos y encargarse de los incentivos que se entregaron como agradecimiento a los participantes.

– **Primera Etapa**

Se ubicó a las 10 personas seleccionadas en las carpetas individuales agrupadas, formadas previamente por el equipo, encerrando un círculo y en las cuales se encontraban 2 botellas de Inca Kola de 500 ml (sabor original/ regular), rotuladas con la letra A (Botella proveniente de preforma estándar) y con la letra B (Botella proveniente de preforma aligerada) junto con un vaso de plástico vacío.

– **Segunda Etapa**

Una vez reunidos todos los participantes, se les realizó las siguientes preguntas: ¿Qué marca de gaseosa sueles tomar?, ¿por qué prefieres esa gaseosa? y ¿has probado el producto que te presentamos?.

– **Tercera Etapa**

Se les explicó a los participantes el objetivo del Focus Group.

– **Cuarta Etapa**

Se les pidió que lean de manera detallada la hoja que se les entregó a cada uno con las indicaciones a realizar antes de sustentar individualmente sus respuestas en la hoja. Se tuvo especial cuidado en disminuir la influencia de sabores, esto se logró haciendo que los participantes ingieran un sorbo de agua antes de percibir el sabor de la siguiente bebida carbonatada.

– **Quinta Etapa**

Esta etapa consistió en pedirles que registren sus respuestas en la ficha entregada a cada uno de los participantes. La ficha utilizada se muestra en la Figura 11.

– **Sexta Etapa**

El moderador le pidió a cada participante compartir sus respuestas con el resto del grupo, para que en su conjunto trataran de llegar a un consenso. En este momento el moderador se retiró para darles privacidad. Sin embargo; se dejó una grabadora para el posterior análisis de información.

– **Séptima Etapa**

Se recibieron las conclusiones del Focus Group y se dió por concluido.

El equipo agradeció a cada uno de los participantes por su colaboración obsequiándoles unos presentes.

ENCUESTA FOCUS GROUP

EDAD	
ESTUDIOS	

INSTRUCCIONES: Para contestar las siguientes preguntas por favor siga estas instrucciones
A) Para contestar la pregunta N°2, observe detenidamente ambas botellas sin tocarlas
B) Para contestar la pregunta N°3, siéntese libre de tomar la botella y palparla, sin abrirla
C) Para contestar la pregunta N°4, puede abrir las botellas y beber el contenido

1) ¿Cuántas veces consumes esta bebidas en el intervalo de 1 mes?

2) ¿Encuentras diferencias a nivel visual de las botellas A y B?

SI	NO

Si la respuesta es "SI", detalle por qué

3) ¿Encuentras diferencias en la textura y manejo de las botellas A y B?

SI	NO

Si la respuesta es "SI", detalle por qué

4) ¿Encuentras diferencias en los sabores de las bebidas almacenadas A y B?

SI	NO

Si la respuesta es "SI", detalle por qué

Una vez hayas culminado de responder las preguntas anteriores, por favor compara tus respuestas con tus compañeros.

Figura 11: Ficha de las preguntas realizadas en el Focus Group.

3.4.8. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO

El grupo estuvo conformado por personas seleccionadas aleatoriamente, participando en su totalidad 10 personas entre hombres y mujeres (que cumplieran con los criterios del público objetivo).

Cada participante contó con un formato para poder registrar las comparaciones respecto a la bebida carbonatada, tal como es el aspecto visual y táctil de la botella; así como el sabor de la bebida. Cabe mencionar que las pruebas realizadas a la botella; tales como: Apariencia, presión interna del Gas y carbonatación; estuvieron vinculadas con las preguntas redactadas.

a. Criterios de selección

Se tomaron en cuenta dos criterios para la selección de personas participantes en el Focus Group:

- **Pertenencia al público objetivo:** El público objetivo fueron personas entre los 19 a los 35 años de edad.
- **Condición socioeconómica:** El grupo de personas estuvo conformado por un mínimo de 4 grupos socioeconómicos.

3.4.9. ANÁLISIS DE COSTO

Se evaluaron las diferencias a nivel de costo económico, del uso de las preformas aligeradas en comparación de las preformas estándar. Para esto se utilizaron los siguientes criterios:

- Costo de la Preforma.
- Costo del personal.
- Costo de servicios.
- Costo de Distribución de la planta productora hacia los centros de distribución (almacenes).
- Costo de almacenamiento del producto terminado.
- Costo de Distribución de los centros de distribución (almacenes) hacia el cliente final.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA GENERAL DE LAS BOTELLAS PET

Los resultados de la prueba de Apariencia se muestran en la Tabla 2, e indican que tanto las botellas provenientes de preformas aligeradas como las provenientes de preformas estándar no presentaron observaciones:

Tabla 2: Verificación de apariencia en preformas aligeradas y estándar

PREFORMAS ALIGERADAS	OBSERVACIONES	PREFORMAS NO ALIGERADAS
Conforme	Las 90 botellas están libres de manchas, rayaduras, agujeros, deformaciones (finish, cuerpo y base), zonas muy blandas o algunas imperfecciones visuales	Conforme

La disminución de la cantidad de material polimérico PET en la preforma no presentó manchas, rayaduras ni deformaciones en la presentación y apariencia del envase (ver Anexo 1). Perdomo (2010), menciona que el proceso de soplado debe efectuarse de modo que se convierta el material amorfo en un material altamente orientado, logrando una buena distribución del material (lo más uniforme posible).

La prueba de apariencia para las botellas obtenidas del soplado guarda una importancia crucial en la comercialización y distribución de los alimentos contenidos en ellos; ya que, la organización debe planificar, desarrollar e implementar los procesos necesarios para proporcionar productos seguros y de calidad a sus clientes. Haciendo esto y manteniendo los registros oportunos, la organización debe ser capaz de demostrar que el producto: Cumple las disposiciones legales aplicables, responde a las necesidades acordadas con los clientes en relación con la calidad y seguridad de los alimentos y requisitos acordados por la

organización (Aneabe, 2012).

Además, una vez que el producto envasado llega a manos del consumidor, éste, como usuario final del envase, requiere que el envase utilizado presente unas propiedades determinadas. En general, en esta etapa los envases pueden requerir que: Sean de fácil manipulación y tengan propiedades ópticas como la transparencia con el objetivo de observar el producto en el interior del envase (Ecoembes, 2016).

Cabe resaltar que según una encuesta de Nielsen (Base total de hogares: Aproximadamente 16 millones), mencionada por Ecoembes (2016), en el estudio “Evolución de la generación de los residuos de envase y estudio de los factores asociados” entre los años 2007 a 2012, indica que los 5 principales factores que determinan la decisión de compra en orden de importancia son los siguientes: Calidad del producto (buena apariencia), promociones, fecha de caducidad, cantidad de producto en el envase y la información del envase. Es por ello, que los clientes esperan un envase sin imperfecciones y que mantenga el contenido en un estado óptimo hasta su consumo.

4.2. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA DE BOTELLAS PET

Al momento de seleccionar la muestra de botellas con preformas aligeradas y botellas con preformas estándar, se obtuvieron resultados conformes dentro de lo especificado, con respecto a la presión interna mínima requerida (175 psi). Los resultados estadísticos de las presiones internas obtenidas para las preformas aligeradas y las preformas estándar se encuentran descritas en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados estadísticos de la prueba de Presión Interna

Resultados de Pruebas estadísticas		
Muestra	Aligerada	Estándar
Media (psi)	182,12	181,87
Desviación estándar (psi)	1,20	1,09
Prueba de Normalidad		
Muestra	Aligerada	Estándar
Valor p	0,060	0,710
Prueba de T de Student		
Muestra	Aligerada	Estándar
Valor p		0,351

En la Tabla 3 se observa que las medias obtenidas de las muestras no son significativamente diferentes, siendo mayor, la de las muestras aligeradas, lo que indicó que en promedio las muestras aligeradas fueron capaces de soportar mayor presión. Así mismo, se observó que la desviación estándar de las muestras aligeradas es mayor, lo que indicaría, que las muestras aligeradas son más variables que el estándar (ver Anexo 3).

El incremento de la resistencia a la presión interna se relaciona con el mayor espesor de las paredes, lo cual redundará en una mayor resistencia y rigidez (diferencias en el proceso de fabricación también pueden afectar en menor medida estas propiedades). Estas características son necesarias para conservar la forma del envase, debido a la presión interna a la que se encuentran sometidas por acción del gas carbónico agregado al líquido. Por otra parte, los resultados de resistencia a la compresión, indican que aquellos de mayor volumen presentan más alta resistencia a la compresión debido a que las paredes son de mayor espesor (Jaramillo *et al.*, 2014). Es por ello que se presentan ligeras variaciones en la resistencia a la presión en las muestras de preformas aligeradas, pero las cuales no son muy significativas para que puedan perjudicar el proceso.

La Tabla 3 también muestra los resultados de las pruebas estadísticas realizadas a la data obtenida de la prueba de Presión Interna. Se observó que las muestras aligeradas y estándar cumplen con una distribución normal, y la diferencia entre sus medias no es significativa. Para la normalidad, la prueba estadística utilizada fue la de Anderson – Darling, cuyo valor P resultante es de 0,060 para las preformas aligeradas y de 0,710 para las preformas estándar. Si el valor P resultante es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis de que ambas distribuciones de

datos son distribuciones normales. Por lo tanto, se puede afirmar que la distribución de las preformas aligeradas y estándar son normales. Para la comparación de las medias, se usó la prueba de T de Student, con un valor P resultante de 0,351. Si este valor P es mayor a 0,05, se acepta la hipótesis y se puede afirmar que no hay diferencias significativas entre las medias de ambas distribuciones. Información complementaria de las pruebas estadísticas realizadas se puede revisar en el Anexo 4.

Las bebidas gaseosas tienen dióxido de carbono que aumenta la presión interna de un envase (Boustens, 2016), por ello es necesario evaluar la resistencia de los envases al llenado del CO₂ durante el proceso de producción. A esta prueba se le llama prueba de presión interna (Martínez, 2014).

Cuando un fabricante envasa la bebida carbonatada, lo hace a una temperatura muy baja y utiliza una cámara con gas a alta presión porque las moléculas de gas están moviéndose continuamente. En ese movimiento chocan con las paredes del recipiente y también con la superficie del líquido, produciéndose dos cosas: Que rebote y cambie de dirección o que se sumerja en el líquido pasando a formar parte de él, dicho de otra manera, que se disuelva (Barrera, 2011). No hay un efecto en la resistencia. Más bien la resistencia a la presión interna define si la botella es apta o no. La estructura obtenida en la preforma aligerada logra garantizar la resistencia del envase durante este proceso, demostrando que este aligeramiento sea factible.

Al realizarse la prueba de presión interna, las botellas se deben deformar homogéneamente. Si se deforma más de una sección es porque existe una baja resistencia mecánica en esa parte deformada de la botella (Perdomo, 2010). Por consiguiente, en la prueba realizada no se tuvo problemas con las muestras de preformas aligeradas, ya que se deformaron homogéneamente, sin necesidad a resaltar un caso puntual (ver Anexo 2). Las presiones de soplado y la temperatura de enfriamiento de los moldes se mantuvieron dentro de un promedio de 28 bar (406,1 psi) y 10 °C respectivamente y al ser aligerada, se regularon los parámetros del proceso para poder colocar más material en la zona afectada (la parte del talón de la botella) que presenta una mayor expansión. Cuando la botella está cerrada, el espacio de cabeza; es decir, el espacio entre el tapón y la superficie del líquido, está lleno de dióxido de carbono (CO₂) a alta presión. Pero, además, el propio líquido también contendrá

CO₂ en su composición. Al estar en un recinto cerrado, se mantendrá estable. Uno de los sucesos más comunes, es encontrar burbujas en la parte baja del líquido, las cuales son más pequeñas que las de la superficie. Esto es porque a medida que van subiendo, van captando más CO₂ por el camino, haciéndose más grandes (Peribáñez, 2014). Esta medida también garantiza que el gas al interior del envase no escape y pueda mantener al producto con las mismas características del que se espera.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL “STRESS CRACKING” CAÚSTICO DE LA BOTELLA PET

Los resultados de la prueba a la resistencia al *Stress Cracking* se muestran en la Tabla 4, e indican que tanto las botellas provenientes de preformas aligeradas como las provenientes de botellas estándar no presentaron observaciones (ver Anexo 5):

Tabla 4: Verificación de la resistencia al Stress Cracking caústico de botellas PET

Tiempo de la prueba (15 minutos)		OBSERVACIONES
PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS ESTÁNDAR	
Conforme	Conforme	Las 90 botellas (45 provenientes de preformas aligeradas y 45 de preformas estándar), no presentaron fuga ni explosión previo a los 15 minutos

Los materiales plásticos pueden verse afectados por el contacto con sustancias químicas. Uno de los fenómenos más habituales cuando se habla de compatibilidad química de materiales plásticos es el agrietamiento por tensiones en medio ambiente activo (conocido por su denominación en inglés, *stress cracking*) (Sendón, 2005). La prueba de *stress cracking* tiene como objetivo evaluar la resistencia de la estructura PET a la acción de una base fuerte, para determinar si los parámetros del proceso de soplado son los adecuados (AIMPLAS, 2014).

El agrietamiento por corrosión es una falla corrosiva en la que se forman las grietas de un

componente bajo la acción de un medio ambiente agresivo (Blanco, 2005). La prueba realizada tiene como fin identificar las botellas que explotan (presentan grietas) durante la misma. Según Arribillaga (2015), la aparición de grietas en la botella ocurre cuando se la pone en condiciones que ayuden a liberar las tensiones residuales que pueden quedar en su estructura tras el soplado.

La corrosión trae como resultado pequeñas estrías, formadas en la base de la botella o superficie sometida a esfuerzos. Estas estrías evolucionan hasta convertirse en grietas. Entonces la ruptura se hace evidente (Martínez, 2014).

Si la estructura resiste las condiciones de temperatura y presión de la prueba, esta no reaccionará con la solución de NaOH, previniendo la explosión del envase y, por tanto, dar como resultado una prueba satisfactoria.

El fenómeno que representan estas fracturas en los envases es a causa de la denominada hidrólisis superficial alcalina, y se dan debido al rompimiento de los enlaces de hidrógeno frente a una base como la soda cáustica. El efecto de la hidrólisis es disminuir el peso molecular del material, haciéndolo frágil (Elías y Jurado, 2012). Este fenómeno muestra una fuerte dependencia con la presión y la temperatura.

En la primera etapa el agua penetra en las cavidades amorfas del material atacando los enlaces químicos y convirtiendo las cadenas poliméricas en fragmentos pequeños solubles en agua. El material no pierde sus propiedades porque está conformada aun por regiones cristalinas. Una siguiente hidrolisis causa una pérdida de las propiedades físicas cuando el agua empieza a quebrantar el material (Ramírez *et al.*, 2010).

La geometría y el proceso de transformación de los envases pueden afectar también a la resistencia del material como envase final (Morales *et al.*, 2009). Si bien la reducción de los gramos de PET en la preforma tenderían a generar una estructura más débil, por la razón de que hay menos moléculas para formar una red más gruesa, se evidenció de que la disminución de PET de la preforma aligerada no fue un problema para poder pasar esta prueba. Cabe resaltar que el proceso de soplado de las botellas fue el adecuado para que

cumpla con las características necesarias.

4.4. DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO EMBOTELLADO

La Tabla 5 muestra los resultados de la determinación de la Carbonatación al producto terminado proveniente de las botellas con preformas aligeradas, así como del estándar, obteniendo resultados conformes dentro de lo especificado, con respecto al tiempo de almacenamiento y las mediciones de los volúmenes de CO₂:

Tabla 5: Resultados estadísticos de las pruebas de carbonatación

Días	Cero		Siete	
Muestra	Aligerada	Estándar	Aligerada	Estándar
Media (Volúmenes de CO₂)	3,338	3,347	2,954	3,101
Desviación Estándar (Volúmenes de CO₂)	0,026	0,023	0,023	0,026
Prueba de Normalidad (Valor p)	0,062	0,093	0,153	0,131
Prueba de T de Student (Valor p)	0,10		0,000	
Días	Catorce		Veintiocho	
Muestra	Aligerada	Estándar	Aligerada	Estándar
Media (Volúmenes de CO₂)	2,863	2,864	2,732	2,809
Desviación Estándar (Volúmenes de CO₂)	0,024	0,025	0,023	0,021
Prueba de Normalidad (Valor p)	0,067	0,076	0,186	0,202
Prueba de T de Student (Valor p)	0,966		0,000	

La Tabla 5 muestra los resultados de la media, desviación estándar, prueba de normalidad y prueba de T de Student a los cero, siete, catorce y veintiocho días de realizadas las mediciones de carbonatación, en las muestras aligeradas y estándar. En todos los casos, los resultados obtenidos indicaron que todas las muestras tuvieron un comportamiento de distribución normal. Mayor información de las pruebas estadísticas se puede revisar a partir del Anexo 6 hasta el Anexo 23.

En la medición a los cero días se obtuvo un valor P resultante de 0,100 en la prueba de T de Student; por lo tanto, se puede afirmar que no hay diferencias significativas entre las medias de ambas distribuciones.

En el caso de la medición a los siete días, se obtuvo un valor P resultante de 0,000 en la prueba de T de Student, por lo tanto, se puede afirmar que sí hay diferencias significativas entre las medias de ambas distribuciones a los siete días. Por ello, se procedió a revisar las desviaciones estándar de los grupos comparados, los cuales presentaron valores similares; siendo el resultado de los envases aligerados de 0,023 y de los envases estándar de 0,026; lo que indica, que el comportamiento de la concentración de CO₂ en todas las botellas es similar con respecto a su propio grupo. La prueba de Fisher muestra un resultado de P- value de 0,282, lo que indica que las varianzas de los grupos no son significativamente diferentes. Esto indica o reafirma que el contenido de CO₂ si es afectado por la naturaleza del envase. Para el caso de la medición a los catorce días, se obtuvo un valor P resultante de 0,966 en la prueba de T de Student, por lo tanto, se puede afirmar que no hay diferencias significativas entre las medias de ambas distribuciones a los catorce días.

Finalmente, para la medición a los veintiocho días, se obtuvo un valor P resultante de 0,000 en la prueba de T de Student, por lo tanto, se puede afirmar que sí hay diferencias significativas entre las medias de ambas distribuciones. Se procedió a comparar las desviaciones estándar, siendo el valor de los envases aligerados de 0,023 y de los envases estándar de 0,021; lo que indica, que el comportamiento de la concentración de CO₂ en todas las botellas es similar con respecto a su propio grupo. La prueba de Fisher muestra un resultado de P- value de 0.730, lo que indica que las varianzas de los grupos no son significativamente diferentes. Esto indica o reafirma que el contenido de CO₂ si es afectado por la naturaleza del envase.

A continuación, en la Figura 12, se muestra la gráfica de los promedios de la caída de carbonatación de muestras provenientes de preformas aligeradas y preformas estándar versus el tiempo de almacenamiento a los cero, siete, catorce y veintiocho días. Esta gráfica se conoce como curva de carbonatación:

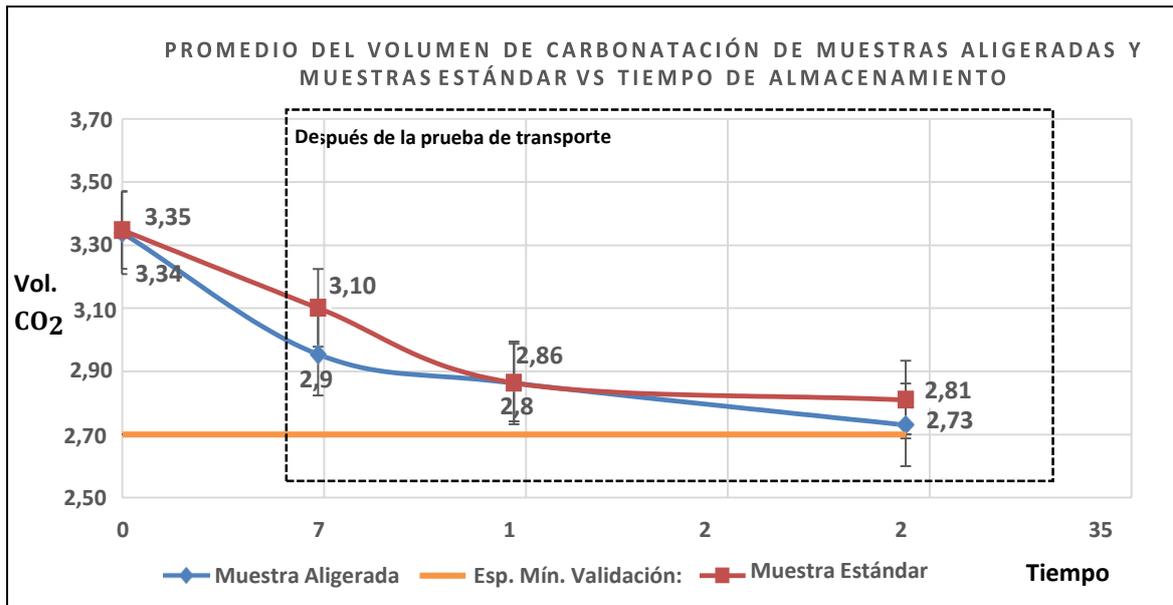


Figura 12: Promedio del volumen de carbonatación (en volúmenes de CO₂) de muestras aligeradas y muestras estándar vs tiempo de almacenamiento.

En la Figura 12 se menciona la prueba de transporte, la cual es una prueba realizada en paralelo a la prueba de Carbonatación y que determina los niveles de carbonatación de las bebidas, luego de un tiempo determinado de viaje. Con respecto a la especificación mínima de validación de volúmenes de CO₂ es la indicada por la organización como el valor mínimo aceptable de Carbonatación de la bebida.

Las pruebas de curva de carbonatación son esenciales para probar que la bebida cumpla con la especificación organoléptica mínima que requiere este producto. Se basa en controlar la presión parcial y, por tanto, la concentración del dióxido de carbono en los lotes de bebida gasificada fabricada. Cada bebida, por razones comerciales, cuenta con un nivel mínimo de carbonatación que es medido, impuesto y controlado por la misma.

En el caso de la marca trabajada, el nivel mínimo es de 2,70 volúmenes de CO₂ (Rodríguez, 2013).

Las pérdidas de CO₂ en las bebidas gaseosas están relacionadas, sobre todo, con la exposición a temperaturas que favorezcan la transferencia de masa del gas desde la parte

líquida del refresco hacia el aire (Wolke, 2003). Algunos autores han mencionado el movimiento durante el transporte, este fenómeno podría tener una incidencia definitiva en el contenido del gas.

Cabe resaltar que la velocidad de permeación, cantidad de gas o líquido que penetra por unidad de tiempo y superficie a condiciones normales o temperatura estándar, a través del plástico, depende en gran medida del espesor del material y de la diferencia de presión en ambas caras (Berrocal, 2011).

Puede asimismo apreciarse en la Figura 12 que la progresión de pérdida de gas de la gaseosa es de aproximadamente 0,3 volúmenes, cada siete días después de la prueba de transporte. Esto evidenciaría que el movimiento del camión y otros elementos, tienen una influencia apreciable.

Esta prueba influye en la determinación de la rotación de la mercadería en los distribuidores finales, por lo tanto, es crítico para la buena imagen de la empresa y de la marca que el producto se encuentre en óptimas condiciones al llegar al cliente.

La gráfica muestra un evidente aumento en la caída de la presión de CO₂ a través del tiempo. Incluso si el producto se encuentra almacenado y quieto, el CO₂ suele comprimirse en la parte superior de las botellas, lo que se evidencia en el característico sonido de la misma al abrirse. Esto puede deberse a la densidad del gas con respecto al jarabe diluido en el agua, lo que generaría una gradiente de concentración desde la fase acuosa a la fase gaseosa. El aumento del llenado del mismo podría ayudar a que la gradiente de concentración se reduzca al mínimo, sin embargo, tendría implicancias contra el marketing del producto, además de que este cambio en el diseño podría traer consecuencias en las pruebas de stress cracking y de apariencia.

Se evidencia que, en ambos casos, la carbonatación inicial se encuentra en límites parecidos, con promedios de 3,34 y 3,35 en volúmenes de CO₂ (aligerada y estándar respectivamente) en las muestras evaluadas. Conforme avanzan los días, las muestras con preformas aligeradas evidencian que la pérdida de dióxido de carbono se acentúa en ellas. Si bien no

existe bibliografía que pueda demostrar esto, las muestras evidencian que el aligeramiento de la preforma acentúa la curva de carbonatación, desplazándola hacia abajo. A los 14 días, los volúmenes de CO₂ se igualan en ambas muestras, permitiendo observar cómo decae verticalmente en la muestra aligerada, donde a los 28 días de la prueba, la curva de carbonatación se acerca al mínimo permisible por las normas internas de la compañía. Esto implicaría que, en caso de aprobarse un aligeramiento constante, la rotación del producto debe acentuarse a no durar más de un mes o 30 días en anaquel. Esto trae consecuencias sobre el proceso de distribución y control de calidad, por lo que debe ser evaluado para poder aprobar el aligeramiento de la preforma.

Esto se puede explicar con lo que indica Mogollón (2006), ya que la inclusión de zonas que no son cristalinas en el envase obtenido del soplado debe ser una constante de evaluación dado que la teoría muestra que estas zonas son las más permeables al contenido de gas dentro de la bebida.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL FOCUS GROUP

4.5.1. ESTUDIO DE PERCEPCIÓN INDIVIDUAL

A continuación, en la Figura 13, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las encuestas individuales:

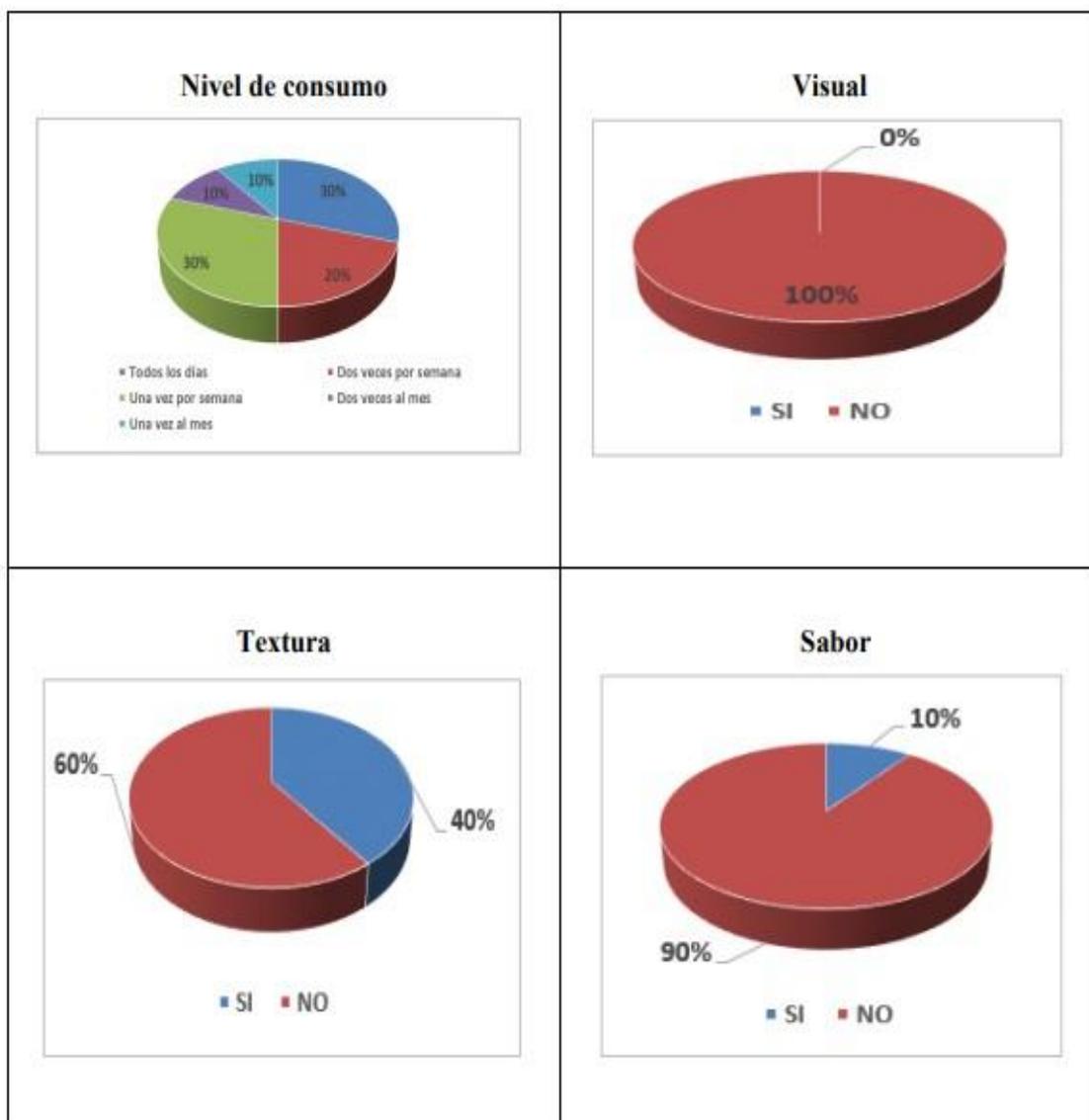


Figura 13: Resultados de percepción individual.

Con respecto a la variable nivel de consumo, se observa que el 30% de los encuestados respondió que consumen la bebida Inca Kola todos los días. El 20% la consumen dos veces por semana. El 30% la consumen al menos una vez por semana. El 10% la consumen por lo menos dos veces al mes y un 10% una vez al mes (ver Anexo 26). Por lo tanto, se puede concluir que todas las personas que participaron en el Focus Group consumen la bebida por lo menos una vez al mes, y están habilitados para emitir una opinión valiosa para el objetivo del ejercicio.

Con respecto a la variable visual, se observa que el 100% de los miembros del Focus Group respondieron que a nivel visual las botellas derivadas de preformas estándar, desde ahora A

y las botellas provenientes de preformas aligeradas, desde ahora B, no presentan diferencias (ver Anexo 27). Por lo tanto, se puede deducir que los participantes del ejercicio, no encontraron diferencias significativas entre la botella A y la botella B, a nivel de percepción individual.

Con respecto a la textura del envase, se observa que el 40% de los participantes del focus group indicó que al coger y comparar los envases A con los envases B, sí encuentran diferencias en el tacto de ambos y el 60% indicó que no encontró diferencias (ver Anexo 28). Por lo tanto, se puede concluir que la mayoría de las personas no encontró diferencias significativas, y las restantes, describieron que el envase B se sentía más suave (la característica de “suavidad” fue mencionada por los participantes), a nivel de percepción individual. Cabe mencionar, que esta suavidad no era una molestia para los participantes.

Con respecto a la variable sabor de la bebida, se puede observar que al degustar las bebidas provenientes de los envases A y B, el 10% encontró diferencias y el 90% no identificó diferencias significativas (ver Anexo 29). Por lo tanto, se puede concluir que la mayoría de personas no encuentra diferencias entre las bebidas evaluadas. El 10% restante describió la diferencia como una pequeña “falta de gas” (escrito de esta manera por el participante).

A nivel general, los participantes del focus group no encontraron diferencias significativas entre las botellas A y B, lo que apoya al resultado obtenido en la prueba visual, lo cual confirmaría que el público al cual este producto está dirigido, no sería capaz de encontrar diferencias entre las preformas estándar y aligerada.

Con respecto a la primera pregunta, nivel de consumo, se entiende que todos los participantes consumen la bebida por lo menos una vez y por lo tanto estaban aptos para poder realizar observaciones pertinentes para las características que se iban a solicitar como la textura y el sabor.

Con respecto a la segunda pregunta, se puede destacar que el envase proveniente de preforma aligerada y el envase proveniente de preforma estándar cumplen con la misma función de poder otorgar al consumidor un envase con las características requeridas de diseño e impacto

cromático (brillo y transparencia); ya que los colores y el impacto visual son fundamentales por dos razones: Generan emociones y conectan con la marca y su identidad, tal como lo detalla Cerantola (2016).

La tercera pregunta, con respecto a la textura, la mayoría indicó que no encontró diferencias entre las botellas A y B. Por lo tanto, tanto el envase A como el envase B, cumplen con su función logística de protección; ya que, Povea (2015), indica que el envase es fundamental durante su ciclo logístico, porque es la principal protección con la que cuenta el producto para conservar todas sus características organolépticas. Cabe mencionar que, el 40% de los encuestados si notó la diferencia entre las botellas, sin encontrarla incómoda o inútil.

Por último, con respecto al sabor de las bebidas, la mayoría indicó que no encontró diferencias. Sin embargo, 1 persona indicó: “La gaseosa B no tiene suficiente gas”. Esto se puede desprender al estudio realizado en la curva de caída de carbonatación (Figura 12), dónde se visualiza que a partir del día 14 disminuye la concentración de gas en el envase proveniente de preforma aligerada a comparación del envase proveniente de la preformar estándar. Cabe resaltar que, la concentración se encuentra dentro de la especificación mínima.

4.5.2. ESTUDIO DEL DEBATE

Con respecto a la primera variable visual, los participantes comentaron entre ellos palabras tales como: “Se ven iguales” o “No les encuentro diferencias”, por lo tanto, en este debate no se encontraron opiniones contrarias o alguna que disintiera de las opiniones vertidas de manera individual. Así mismo, ninguno de los participantes cambió su opinión al respecto.

Por otro lado, al discutir acerca de la variable textura de los envases, los participantes que encontraron diferencias, estaban totalmente convencidos de ello. Indicaron frases tales como: “Es más frágil”, “es más suave”; logrando hacer dudar al resto de participantes. La presencia de las botellas en el salón, jugó un papel fundamental para apoyar la posición de los que manifestaban la existencia de una diferencia.

Por último, con respecto a la variable sabor, si bien la mayoría manifestó no encontrar diferencias, indicando lo siguiente: “No siento diferencias”, “El sabor es igual”, “Saben a la misma bebida Inca Kola”; no lograron convencer a la persona que manifestó la falta de gas, el cual se mantuvo hasta el final del debate.

4.5.3. ESTUDIO DEL CONSENSO

Una vez terminado el tiempo del debate, el moderador pidió al grupo dar sus conclusiones; los cuales fueron:

- **Variable visual:** No se encontraron diferencias entre ambos envases.
- **Variable textura:** Se encontraron diferencias entre ambos envases, recalcando que uno de ellos (envase B), es más “suave” que el otro.
- **Variable sabor:** No se encontraron diferencias entre las bebidas de ambos envases.

Los sustentos que el Focus group dio para estas conclusiones fueron: La incapacidad de sus miembros para percibir diferencias visuales entre ambos envases, el resultado del debate acerca de la textura donde 2 participantes que originalmente mencionaron no encontrar diferencias, fueron convencidos por aquellos que, si las encontraron, y finalmente, que aquel participante que mencionó la falta de gas no lo pudo sustentar frente a sus compañeros.

4.5.4. CONCLUSIÓN DEL FOCUS GROUP

Los resultados de la evaluación realizada al Focus Group revelan que el grupo analizado no encontró diferencias significativas entre los envases derivados de la preforma estándar y la preforma aligerada en las variables visual y sabor. Sin embargo; si pudieron apreciarlas en la variable textura. Cabe mencionar, que estas diferencias no fueron percibidas como una característica negativa.

4.6. ANÁLISIS DE COSTOS

4.6.1. ESTUDIO DE COSTO POR CRITERIO

a. Costo de la preforma

Se evaluó el costo promedio de la preforma estándar y aligerada, según las últimas cotizaciones obtenidas por el departamento de producción.

b. Costo del personal

Para la fabricación del producto en cuestión, fue necesaria la intervención de los siguientes funcionarios: maquinista de la llenadora, maquinista de la etiquetadora, maquinista de la empacadora, maquinista de la paletizadora, tres inspectores de procesos y un supervisor de producción.

La Tabla 6 muestra el salario promedio de cada uno de los funcionarios mencionados:

Tabla 6: Salario promedio del personal

Costos del personal	Salario promedio (S/.)
Maquinista de la llenadora	1 800
Maquinista de la etiquetadora	1 800
Maquinista de la empacadora	1 800
Maquinista de la paletizadora	1 800
Inspector de Proceso 1	1 800
Inspector de Proceso 2	1 800
Inspector de Proceso 3	1 800
Supervisor de producción	3 500

c. Costo de servicios

Se evaluó el costo promedio de los servicios básicos, agua y energía eléctrica, utilizados para la producción. Cabe mencionar que el costo para ambas preformas (estándar y aligerada), es el mismo, debido a que se usa la misma máquina, que es la que consume dichos servicios.

d. Costo de distribución de la planta productora hacia los centros de distribución (almacenes)

Se calculó el costo promedio del uso de combustible y tiempo para la llegada a los centros de distribución mayoristas.

e. Costo de almacenamiento del producto terminado

El costo promedio de almacenamiento fue brindado por la Gerencia de Distribución.

f. Costo de distribución de los centros de distribución (almacenes) hacia el cliente final

Se calculó el costo promedio del uso de combustible y tiempo para la llegada al cliente final.

La Tabla 7 muestra el salario promedio de cada uno de los funcionarios mencionados.

Tabla 7: Análisis comparativo de costos

CONCEPTO/COSTO	Preforma estándar	Preforma aligerada
	23,7 g	19,7 g
Unidades Producidas al mes	23 040 000	23 040 000
Costo unitario de la Preforma (S/.)	0,204	0,199
Costo Total de la Preforma (S/.)	4 700 160	4 589 568
Costo unitario del Personal (S/.)	0,030	0,030
Costo total del Personal (S/.)	688 800	688 800
Costo Unitario de Servicios (S/.)	0,001	0,001
Costo Total Servicios (S/.)	30 000	30 000
Costo Distribución de Planta hacia el centro de distribución (S/.)	10 000	10 000
Costo Almacén (S/.)	20 000	20 000
Costo Distribución del centro de distribución hacia el cliente final (S/.)	12 000	12 000
Costo Total (S/.)	5 460 960	5 350 368
Costo unitario (S/.)	0,237	0,232
AHORRO (S/.)		110 592

En la Tabla 7, se observó que existe una diferencia de aproximadamente 110 000 soles de ahorro mensual al utilizar la preforma aligerada.

V. CONCLUSIONES

1. En función a los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas, se puede concluir que la reducción de gramaje de Preformas de PET (de 23,7 g a 19,7 g) no afecta el proceso de envasado de bebidas carbonatadas de 500ml de manera significativa, en las variables: Apariencia, Presión Interna, *Stress Cracking* y Carbonatación.
2. Las muestras provenientes de preformas aligeradas, resultaron libres de manchas, rayaduras, agujeros, deformaciones, zonas muy blandas o imperfecciones visuales.
3. Se determinó y comparó las Presiones Internas de las preformas estándar y aligeradas, encontrándose que no hay diferencias significativas en la resistencia de ambas preformas.
4. Se determinó que las botellas provenientes de preformas estándar y aligeradas, no presentan diferencias significativas en su resistencia a la prueba de *Stress Cracking*, sin que se presentaran incidentes de fugas y explosiones durante los 15 minutos de la prueba.
5. Se encontraron diferencias significativas en las medidas de carbonatación a los 7 y 28 días, por lo que se realizó una prueba adicional de Fisher en ambos casos, obteniéndose que las varianzas de ambos grupos no son significativamente diferentes. Esto quiere decir, que el grupo aligerado como el grupo estándar tienen el mismo comportamiento en la carbonatación.

6. La prueba del Focus Group arrojó que no se encontraron diferencias en las variables visual y sabor entre las bebidas provenientes de las preformas estándar y aligeradas. Sin embargo, sí pudieron apreciarlas en la variable textura. Cabe mencionar, que estas diferencias no fueron percibidas como una característica negativa.

7. Se determinó que existe un ahorro de aproximadamente 110 000 soles mensuales al utilizar preformas aligeradas. Además, este ahorro conlleva la reducción del uso de 93 toneladas métricas de plástico durante este periodo. Esto implica un ahorro anual de 1 116 toneladas métricas de PET.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la posibilidad de generar diseños de preformas de alta rotación (por ejemplo, presentación de 3 000 ml), para poder aprovechar los aligeramientos realizados, evitando el problema del contenido de carbonatación crítica.
2. Evaluar el aligeramiento de envases PET en bebidas no carbonatadas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

AGR International Inc. (2017). Real World Pressure Testing of PET Containers. Butler PA, USA.

AIMPLAS. (10 de abril de 2014). Re Ensayos Sobre Botellas de Plástico Para Uso Alimentario [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.aimplas.es/blog/ensayos-sobre-botellas-de-plastico-para-uso-alimentario/>

Aneabe. (2012). Guía de Buenas Prácticas de Higiene en las Industrias de Aguas de Bebidas Envasadas. Madrid, España: Agencia española de Seguridad Alimentaria y Nutrición.

Ariosti, A. (2018). Envases Alimentarios. Buenos Aire, Argentina: Universidad de Buenos Aires.

Arribillaga, H. (2015). Diseño y Fabricación de un Molde de Inyección de Plásticos Mediante Sistemas CAD/CAM (Tesis para Máster Universitario en Ingeniería de materiales y fabricación). Universidad Pública de Navarra, España.

Arto, M. (5 de abril de 2010). Re Reducción de Peso en Botellas de PET: Hacia un Ahorro Integral [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/16224-reduccion-peso-botellas-pet-un-ahorro-integral>.

Badii, M.; Pazhakh, Abreu, J.; Foroughbakhch, R. (2004). Fundamentos del Método Científico. Innovaciones de Negocios, 1(1): 89–107.

- Barrera, P. (2011). Estudio de una Línea de Envasado y Aplicación de la Metodología TPM para el Aumento de su Eficiencia, Mediante la Reducción en Pequeñas Paradas en un Equipo Agrupador de Envases de Latas. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros.
- Basurto, C. (2016). Deformación Plástica de los Materiales. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Beltrán, M. (2012). Tecnología de los Polímeros. Alicante, España: Universidad de Alicante.
- Berrocal, I. (2011). Principios de Transferencia de Masa en la Ingeniería de Alimentos. Lima, Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. Instituto de Investigación de la FIPA.
- Blanco, M. (2005). La Corrosión en las Líneas Aéreas. Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.
- Boustens. (2016). Re ¿Por qué medir la Presión Interna de un Envase? [Mensaje en un blog]. Recuperado de https://www.boustens.com/wp-content/cache/page_enhanced/www.boustens.com/manometro-presion-interna-botellas-pvt/index.html_gzip
- Castellanos, R. (2006). Materiales Poliméricos. Ciudad del Salvador, El Salvador: Universidad Centroamericana José Simeon Cañas. Departamento de Mecánica Estructural.
- Castro, L. (2014). Control de Calidad en los Procesos de Extrusión-Soplado de Envases e Inyección de Productos Plásticos de PE y PP (Informe Técnico para optar el Título Profesional de Ingeniero de Materiales). Universidad Nacional de San Agustín, Perú.
- Cedrón, J.; Landa, V.; Robles, J. (2011). Codificación de los Polímeros Termoplásticos. Lima. Perú: Universidad Católica del Perú.

- Cerantola, N. (2016). El Envase Como Elemento de Marketing. Madrid, España: Ecoembes.
- Dak Americas. (2012). Hoja de Datos del Producto Laser+. México.
- Dechema. (1 de setiembre de 2009). Re El Envase: Una Gran Herramienta de Marketing [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.interempresas.net/Envase/Articulos/33352-El-envase-una-gran-herramienta-de-marketing.html>
- Ecoembes. (2016). La Correcta Especificación de los Envases. Valencia, España: Editorial FSC.
- EducarChile. (13 de marzo de 2018). Re Polímeros Sintéticos y Naturales. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://centroderecursos.educarchile.cl/handle/20.500.12246/42485>
- Elías, X. & Jurado, L. (2012). Los Plásticos Residuales y sus Posibilidades de Valoración. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Elías, X. (2012). Clasificación y Gestión de Residuos. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Elías, X. (2000). Reciclaje de Residuos Industriales. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- ESUMER. (2010). Tipos de Empaques y Embalajes: Aplicación en la Industria. Medellín, Colombia: Institución Universitaria ESUMER.
- García, I. (9 de enero de 2018). Re Definición de Focus Group [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.economiasimple.net/glosario/focusgroup>.
- Guevara, A. & Cancino, K. (2015). Bebidas Carbonatadas. La Molina, Perú: Universidad

Nacional Agraria La Molina.

Hachi, J. & Rodríguez, J. (2010). Estudio de Factibilidad para Reciclar Envases Plásticos de Polietileno Tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil (Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Heizer, J. & Render, B. (2009). Principios de Administración de Operaciones (7° ed.). Ciudad de México, México: Pearson Educación.

Iglesias, Y. (18 de enero de 2017). Re El Focus Group o Grupo de Discusión [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://designthinking.gal/el-focus-group-o-grupo-de-discusion/>.

Isea, P. & María, G. (1998). Estudio de los procesos significativos para la elaboración de bebidas carbonatadas, USB.

Jaramillo, E.; Muñoz, L.; Ossa, A.; Romo, M. (2014). Comportamiento Mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus Aplicaciones Geotécnicas. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Juarez, L. (2015). Modelos y Problemas de Difusión. Iztapalapa, México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Mariano, J. (30 de mayo de 2011). Re Tecnología de los Plásticos: Proceso de Reciclaje del PET [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>

Martínez, A. (2014). Determinación de la Durabilidad de una Resina de Tereftalato de Polietileno, Af-626, en Envases Retornables por Inyección para Bebidas Gaseosas de Alta Rotación (Trabajo para la obtención del título Ingeniera en Alimentos). Escuela

Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

Masciarelli, R.; Stancich, S.; Fernando, S. (2012). Transferencia de Materia. Santa Fé, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

Maticorena, L. (2016). Elaboración de una Bebida Carbonatada de Algarrobina. (Tesis para optar el título de Ingeniero). Universidad de Piura, Perú.

Mellado, J.; Méndez, A.; Reyes, E. (2013). Estudio de Percepciones y Preferencias de los Consumidores. Área de Investigación: Mercadotecnia. Coahuila, México: Universidad Autónoma de Coahuila.

Méndez, A. (1 de mayo de 2018). Re Introducción sobre Propiedades de Barrera del PET [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/introducci%C3%B3n-sobre-propiedades-de-barrera-parte-1->

Mercado, F. (2015). Envases más Livianos al Alcance de Todos. (Tesis de Grado). Universidad de Palermo, Argentina.

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (MINCETUR). (2009). Guía de Envases y Embalajes. Lima, Perú.

Mogollón, L. (2006). Evaluar el Proceso de Soplado como Variable de Control de Calidad para la Determinación del Periodo de Vida Útil de Bebidas Gaseosas en Botellas Plásticas (Trabajo de Grado). Universidad de Oriente, Venezuela.

Morales, R.; Candal, M.; Robles, J. (2009). Efecto del Proceso de Transformación Sobre el Coeficiente de Endurecimiento por Deformación en Polímeros. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

Norma Técnica Peruana 214.001:1985 revisada el 2012. Bebidas Gasificadas Jarabeadas. Publicada por el Instituto de Defensa del Consumidor y la Propiedad Intelectual del Perú (INDECOPI). Lima, Perú.

Ojeda, E. (2013). Estudio Teórico de Polímeros Biodegradables Sustituyentes de Polímeros Sintéticos para un Mejor Ecosistema (Tesis para obtener el Título de Ingeniero Químico Industrial). Instituto Politécnico Nacional, México.

PEPSI CO. (2006). Manual de Empaque LARB-2006. Versión en español.

Perdomo, A. (2010). Evaluación de la Retención de CO₂ en Botellas PET (Polietileno Tereftalato) en la Producción de Bebidas Gaseosas (Trabajo especial de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Químico). Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Venezuela.

Pérez, C. (2012). Empaques y Embalajes. Ciudad de México D.F., México: Red Tercer Milenio S.C.

Peribáñez, J. (10 de marzo de 2014). Re Las Burbujas en las Bebidas Gaseosas [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://explicaciones-simples.com/2014/03/10/las-burbujas-en-las-bebidas-gaseosas/>.

Povea, I. (2015). La Función Del Envase En La Conservación De Alimentos. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.

QuimiNet. (22 de noviembre de 2005). Re Proceso de Producción del PET [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/proceso-de-produccion-del-pet-2561170.htm>

Ramírez, A.; Guadalupe, L.; Conde, J. (2010). Degradación Química del PET. Revista Colombiana de Química, 3(39): 321-331.

- Ramos, V. (2007). Extrusión de Plásticos: Principios Básicos. Madrid, España. Editorial Limusa Noriega.
- Rodríguez, A. (2013). Estudio de Prefactibilidad Técnica y Económica de la Implementación de una Nueva Tecnología de Carbonatación por Contactor de Membrana en Sustitución de un Equipo Convencional en una Planta de Bebidas Carbonatadas. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Rodríguez, J. (13 de diciembre de 2018). 5 Claves para Entender Qué es un Focus Group [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://izo.es/5-elementos-que-se-evaluan-en-un-focus-group/>
- Rojas, P. (2002). Planeamiento de la Producción de Bebidas Gaseosas Mediante la Simulación (Informe para optar el título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Sánchez, R. (2015). T-Student: Usos y Abusos. Revista Mexicana de Cardiología, 1(26): 59-61.
- Schau, A. (7 de julio de 2011). Re El Diseño De Envases PET Reúne Forma y Funcionalidad. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/54032-El-diseno-de-envases-PET-reune-forma-y-funcionalidad.html>
- Schrage, D. (2010). Diseño de Componentes Plásticos para el Proceso de Inyección. Laredo, Texas.
- Sendón, R. (2005). Estudio de la Migración de Distintos Componentes de los Materiales Plásticos a los Alimentos (Memoria presentada para optar el Grado de Doctor). Universidad de Santiago de Compostela, España.

Seymour, R. & Carraher, C. (2002). *Introducción a la Química de los Polímeros* (2° ed.). Barcelona, España: Reverté S.A.

Sierra, N., Plazas, C., Guillén, L. Rodríguez P. (2010). Protocolo para el Control de Calidad de Envases de Plástico, Utilizados en la Industria Farmacéutica, de Cosméticos y de Alimentos. *Revista Colombiana de Química y Farmacia*, 2(39): 149-167.

Treybal, R. (2008). *Operaciones de Transferencia de Masa* (2° ed.). Estados Unidos: McGraw- Hill.

Wolke, R. (2003). *Lo que Einstein le contó a su cocinero*. Barcelona, España: Robinbook.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: MUESTRAS OBSERVADAS PARA LA PRUEBA DE APARIENCIA



Figura 14: Muestra de botella aligerada.



Figura 15: Muestra de botella estándar.

ANEXO 2: EQUIPO PPT3000 PARA LA PRUEBA DE PRESIÓN INTERNA



Figura 16: Equipo PPT3000 para realizar presión interna.

**ANEXO 3: RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
PRESIÓN INTERNA DE BOTELLAS PET**

PRESIÓN INTERNA (psi)

Número de muestra	PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS ESTANDAR
1	184,0	182,0
2	183,1	181,9
3	180,4	182,5
4	180,9	180,0
5	180,5	183,8
6	180,1	181,7
7	183,3	180,5
8	182,8	182,3
9	183,8	180,0
10	181,3	182,2
11	181,7	181,2
12	182,2	180,3
13	182,4	181,0
14	183,1	183,1
15	180,2	182,7
16	180,3	183,8
17	181,1	183,5
18	182,8	180,8
19	181,4	180,9
20	182,3	181,1
21	181,8	182,1
22	183,3	183,6
23	181,0	180,6
24	183,8	180,7
25	182,7	181,3
26	180,5	183,3
27	182,5	182,6
28	183,9	181,4
29	182,6	181,5
30	180,4	181,6
31	181,9	183,7
32	184,0	182,2
33	180,6	181,7
34	182,0	181,8
35	181,5	182,0
36	180,7	183,0
37	183,4	180,4
38	180,8	182,8
39	182,9	181,9
40	183,0	180,5
41	182,1	180,0
42	183,2	182,3
43	183,7	182,4
44	183,5	182,5
45	181,6	182,9

ANEXO 4: PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA RESULTADOS DE PRESIÓN INTERNA DE MUESTRAS DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR

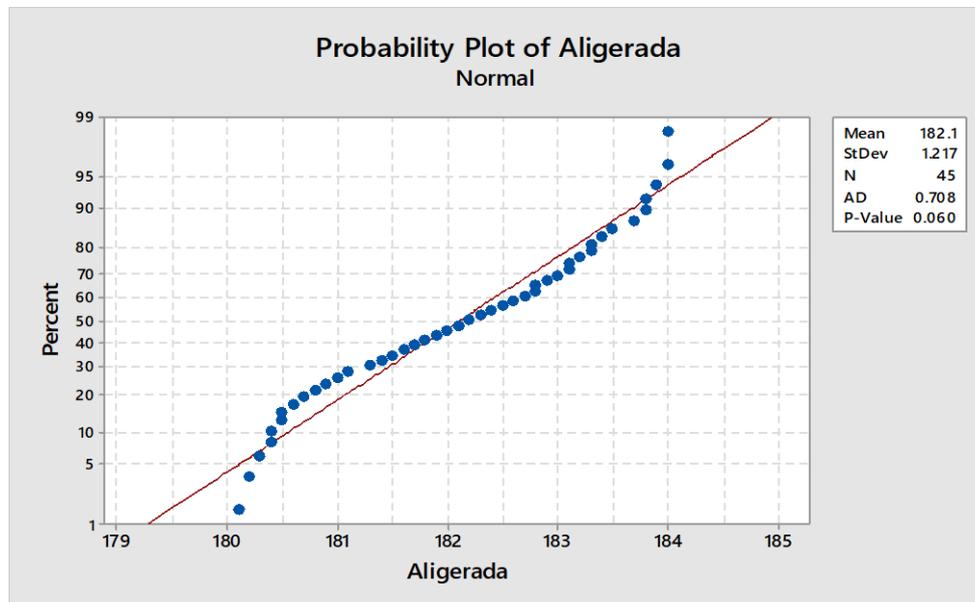


Figura 17: Prueba de normalidad para resultados de presión interna de muestras de preformas aligeradas.

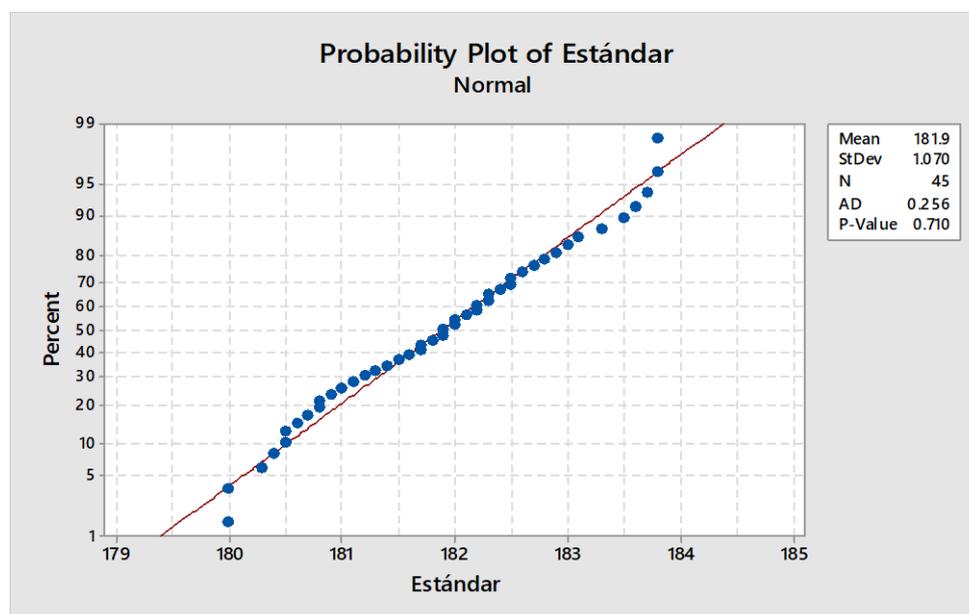


Figura 18: Prueba de normalidad para resultados de presión interna de muestras de preformas estándar.

Two-Sample T-Test and CI: Aligerada; Estándar

Two-sample T for Aligerada vs Estándar

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aligerada	45	182.11	1.22	0.18
Estándar	45	181.89	1.07	0.16

Difference = μ (Aligerada) - μ (Estándar)

Estimate for difference: 0.227

95% CI for difference: (-0.254; 0.707)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0.94 P-Value = 0.351 DF = 86

Figura 19: Prueba de T de student para resultados de presión interna de muestras de preformas aligeradas y estándar.

**ANEXO 5: MUESTRAS OBSERVADAS PARA LA PRUEBA DE STRESS
CRACKING**



Figura 20: Muestra de botella aligerada.



Muestra de Soplado #9
Preforma Estándar 23.7g
Prueba de Stress Cracking

Figura 21: Muestra de botella estándar.

**ANEXO 6: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS
CERO DÍAS**

Tabla 8: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los cero días

CARBONATACIÓN (volúmenes de CO2)		
CERO DÍAS		
Número de muestra	PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS STÁNDART
1	3,29	3,32
2	3,34	3,34
3	3,37	3,36
4	3,35	3,34
5	3,32	3,35
6	3,31	3,39
7	3,38	3,35
8	3,32	3,34
9	3,37	3,37
10	3,37	3,36
11	3,30	3,34
12	3,37	3,35
13	3,35	3,30
14	3,36	3,34
15	3,29	3,30
16	3,38	3,39
17	3,35	3,29
18	3,35	3,37
19	3,35	3,31
20	3,33	3,33
21	3,32	3,35
22	3,36	3,33
23	3,35	3,32
24	3,28	3,33
25	3,30	3,36
26	3,36	3,37
27	3,38	3,35
28	3,33	3,36
29	3,34	3,35
30	3,35	3,38
31	3,36	3,34
32	3,33	3,37
33	3,34	3,34
34	3,34	3,38
35	3,33	3,36
36	3,34	3,35
37	3,35	3,37
38	3,29	3,34
39	3,31	3,35
40	3,34	3,33
41	3,31	3,36
42	3,32	3,37
43	3,34	3,35
44	3,36	3,36
45	3,35	3,31

ANEXO 7: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS CERO DÍAS

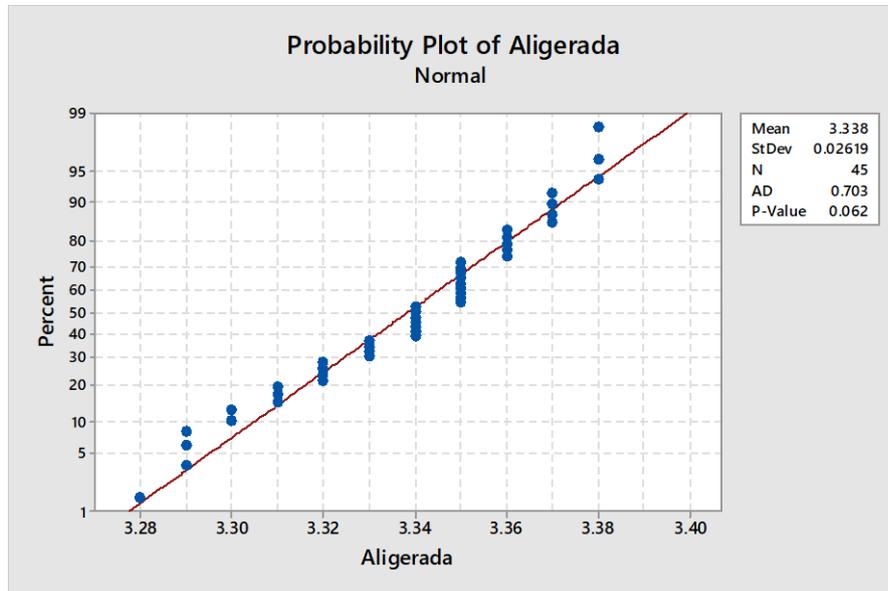


Figura 22: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los cero días.

ANEXO 8: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS CERO DÍAS

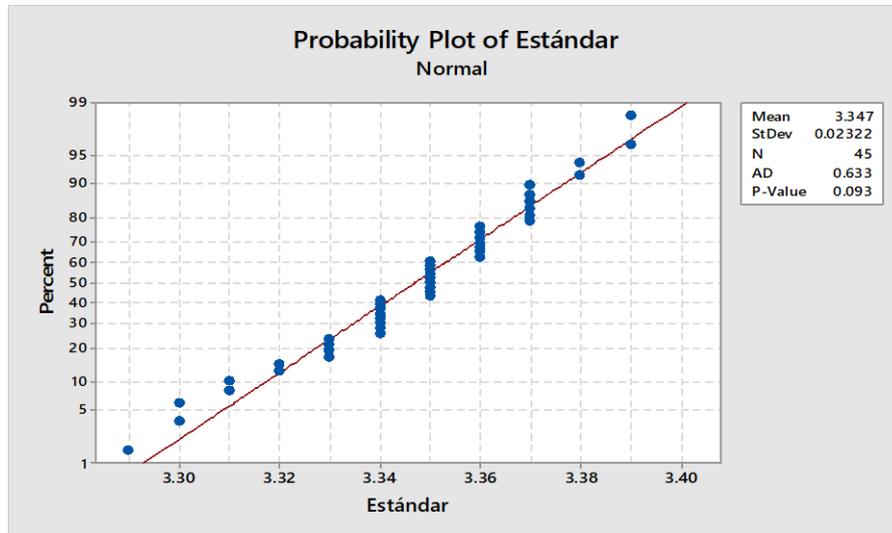


Figura 23: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los cero días.

**ANEXO 9: PRUEBA DE T DE STUDENT DE LAS MUESTRAS DE
CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS
CERO DÍAS**

Two-Sample T-Test and CI: Aligerada; Estándar

Two-sample T for Aligerada vs Estándar

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aligerada	45	3.3384	0.0262	0.0039
Estándar	45	3.3471	0.0232	0.0035

Difference = μ (Aligerada) - μ (Estándar)

Estimate for difference: -0.00867

95% CI for difference: (-0.01904; 0.00171)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -1.66 P-Value = 0.100 DF = 86

Figura 24: Prueba de T de student de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los cero días.

ANEXO 10: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS SIETE DÍAS

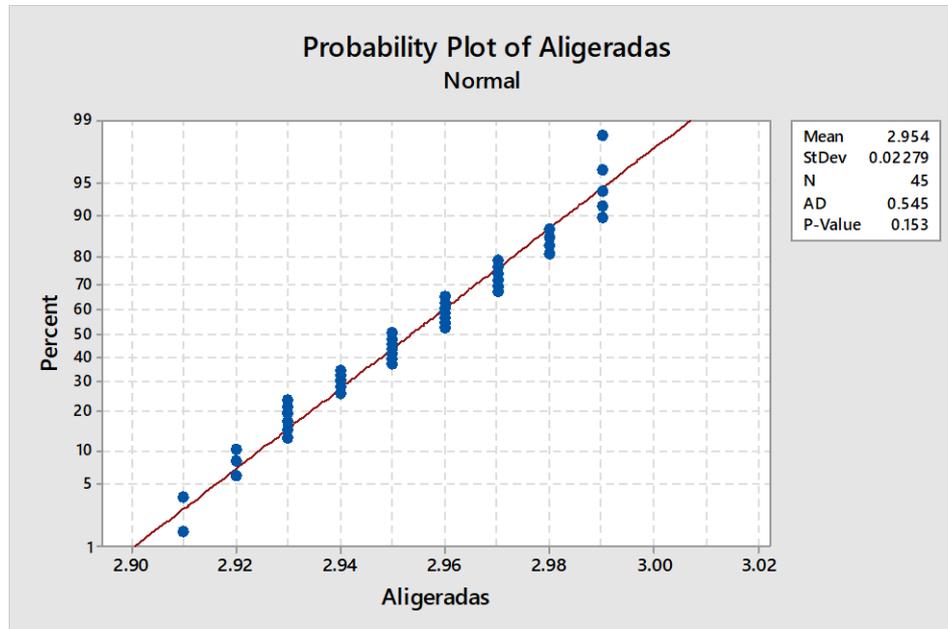


Figura 25: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los siete días.

**ANEXO 11: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS
SIETE DÍAS**

Tabla 9: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los siete días

CARBONATACIÓN (volúmenes de CO2)		
SIETE DÍAS		
Número de muestra	PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS STÁNDART
1	2,95	3,10
2	2,93	3,12
3	2,97	3,11
4	2,94	3,06
5	2,97	3,08
6	2,97	3,07
7	2,95	3,09
8	2,98	3,10
9	2,93	3,08
10	2,94	3,11
11	2,96	3,13
12	2,96	3,12
13	2,92	3,11
14	2,94	3,11
15	2,93	3,08
16	2,95	3,07
17	2,93	3,12
18	2,95	3,06
19	2,93	3,12
20	2,96	3,08
21	2,98	3,10
22	2,99	3,09
23	2,94	3,08
24	2,98	3,06
25	2,93	3,15
26	2,96	3,06
27	2,99	3,09
28	2,94	3,11
29	2,95	3,07
30	2,97	3,14
31	2,96	3,14
32	2,99	3,15
33	2,91	3,09
34	2,92	3,13
35	2,95	3,11
36	2,99	3,07
37	2,91	3,14
38	2,95	3,09
39	2,96	3,10
40	2,97	3,13
41	2,92	3,07
42	2,96	3,09
43	2,97	3,10
44	2,98	3,14
45	2,99	3,13

ANEXO 12: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS SIETE DÍAS

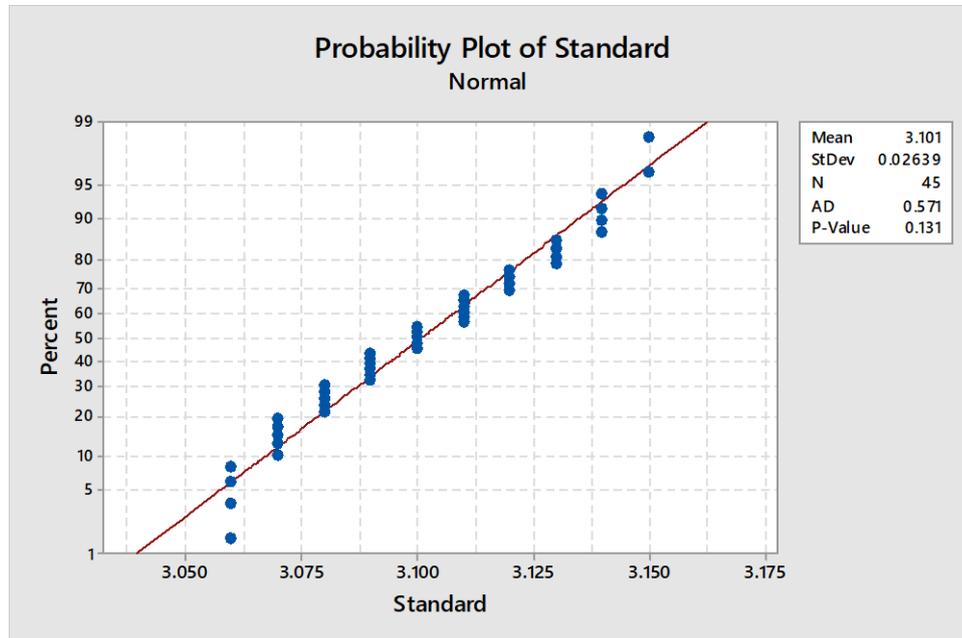


Figura 26: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los siete días.

**ANEXO 13: PRUEBA DE T DE STUDENT DE LAS MUESTRAS DE
CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS
SIETE DÍAS**

Two-Sample T-Test and CI: Aligeradas; Standard

Two-sample T for Aligeradas vs Standard

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aligeradas	45	2.9538	0.0228	0.0034
Standard	45	3.1011	0.0264	0.0039

Difference = μ (Aligeradas) - μ (Standard)

Estimate for difference: -0.14733

95% CI for difference: (-0.15767; -0.13700)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -28.34 P-Value = 0.000 DF = 86

Figura 27: Prueba de T de student de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los siete días.

ANEXO 14: PRUEBA DE FISHER PARA COMPARACIÓN DE VARIANZAS DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN A LOS SIETE DÍAS

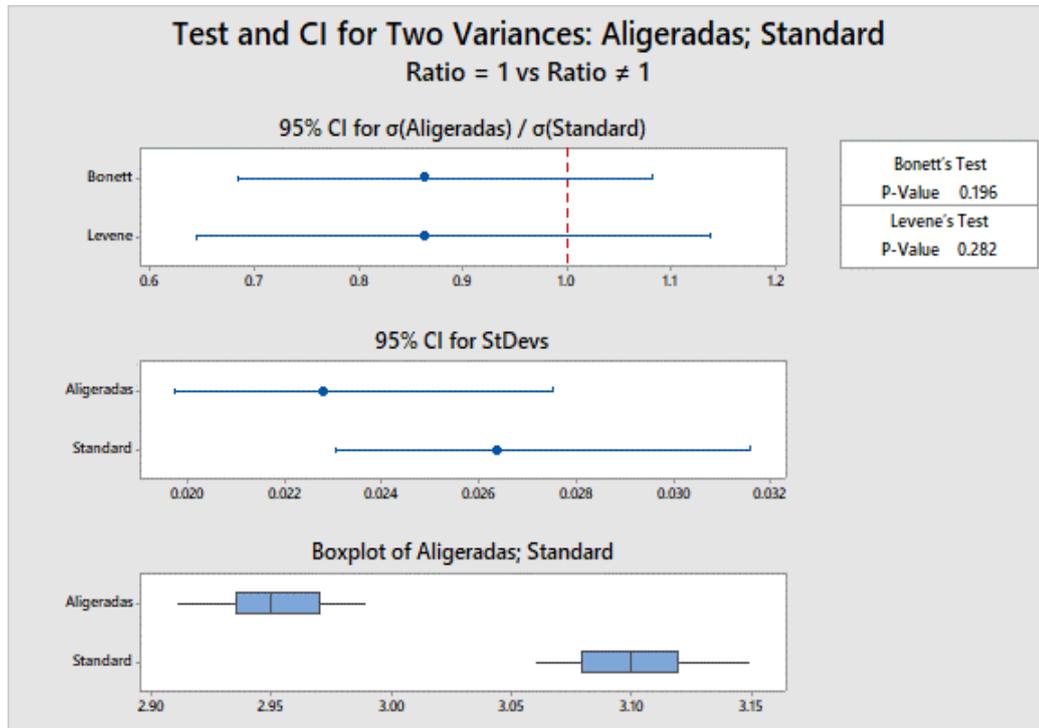


Figura 28: Prueba de Fisher para comparación de varianzas de las muestras de carbonatación a los siete días

**ANEXO 15: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS
CATORCE DÍAS**

Tabla 10: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los catorce días

CARBONATACIÓN (volúmenes de CO ₂)		
CATORCE DÍAS		
Número de muestra	PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS STÁNDART
1	2,88	2,85
2	2,87	2,87
3	2,84	2,83
4	2,86	2,86
5	2,86	2,90
6	2,87	2,84
7	2,88	2,82
8	2,84	2,86
9	2,87	2,84
10	2,88	2,90
11	2,85	2,85
12	2,86	2,84
13	2,86	2,88
14	2,91	2,82
15	2,88	2,85
16	2,85	2,86
17	2,84	2,88
18	2,86	2,89
19	2,83	2,91
20	2,88	2,88
21	2,85	2,84
22	2,86	2,88
23	2,87	2,87
24	2,89	2,85
25	2,90	2,89
26	2,91	2,82
27	2,85	2,83
28	2,86	2,84
29	2,90	2,85
30	2,86	2,87
31	2,85	2,87
32	2,89	2,91
33	2,86	2,89
34	2,83	2,87
35	2,85	2,88
36	2,84	2,88
37	2,81	2,90
38	2,84	2,88
39	2,85	2,87
40	2,91	2,88
41	2,87	2,83
42	2,84	2,84
43	2,82	2,83
44	2,86	2,87
45	2,91	2,89

ANEXO 16: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS CATORCE DÍAS

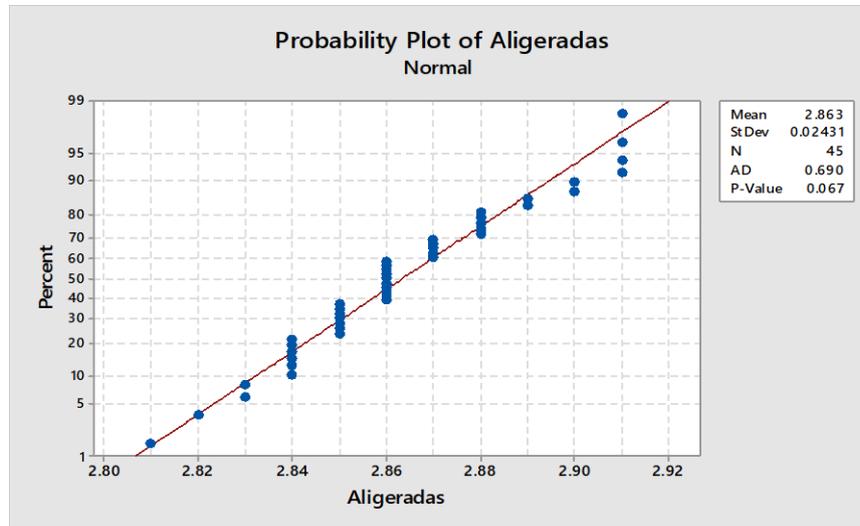


Figura 29: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los catorce días.

ANEXO 17: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS CATORCE DÍAS

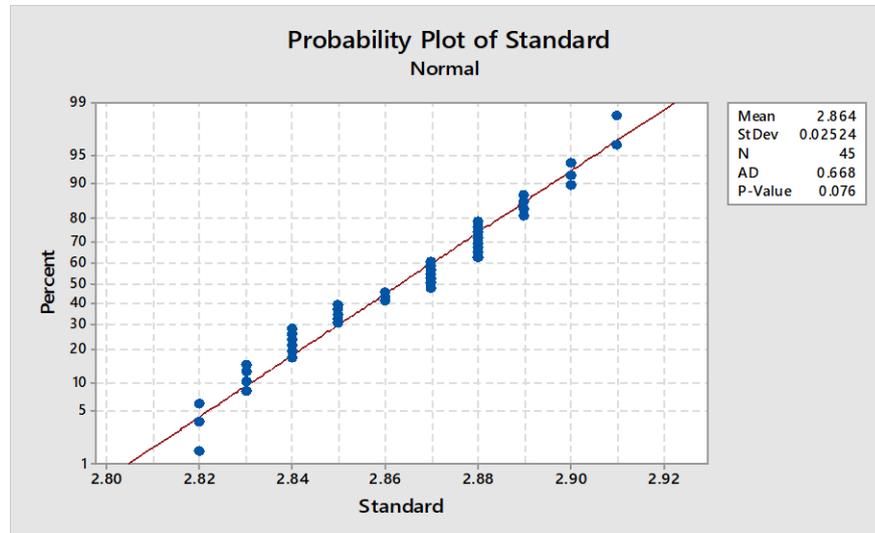


Figura 30: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los catorce días.

**ANEXO 18: PRUEBA DE T DE STUDENT DE MUESTRAS DE
CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS
CATORCE DÍAS**

Two-Sample T-Test and CI: Aligeradas; Standard

Two-sample T for Aligeradas vs Standard

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aligeradas	45	2.8633	0.0243	0.0036
Standard	45	2.8636	0.0252	0.0038

Difference = μ (Aligeradas) - μ (Standard)

Estimate for difference: -0.00022

95% CI for difference: (-0.01061; 0.01016)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -0.04 P-Value = 0.966 DF = 87

Figura 31: Prueba de T de student de muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los catorce días

**ANEXO 19: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CARBONATACIÓN A LOS
VEINTIOCHO DÍAS**

Tabla 11: Determinación de la carbonatación del producto terminado a los veintiocho días

CARBONATACION (volúmenes de CO2)		
VEINTIOCHO DIAS		
Número de muestra	PREFORMAS ALIGERADAS	PREFORMAS STÁNDART
1	2,76	2,85
2	2,77	2,81
3	2,73	2,79
4	2,70	2,80
5	2,72	2,79
6	2,72	2,85
7	2,74	2,80
8	2,73	2,78
9	2,71	2,82
10	2,70	2,81
11	2,75	2,80
12	2,76	2,81
13	2,71	2,82
14	2,73	2,84
15	2,72	2,78
16	2,74	2,80
17	2,75	2,81
18	2,77	2,82
19	2,70	2,84
20	2,74	2,78
21	2,75	2,80
22	2,76	2,78
23	2,71	2,82
24	2,72	2,83
25	2,73	2,83
26	2,69	2,82
27	2,71	2,84
28	2,73	2,79
29	2,74	2,79
30	2,69	2,83
31	2,75	2,81
32	2,72	2,77
33	2,77	2,82
34	2,74	2,83
35	2,75	2,79
36	2,76	2,81
37	2,72	2,82
38	2,69	2,83
39	2,71	2,79
40	2,73	2,76
41	2,72	2,82
42	2,73	2,83
43	2,74	2,80
44	2,75	2,81
45	2,76	2,79

ANEXO 20: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE PREFORMAS ALIGERADAS A LOS VEINTIOCHO DÍAS

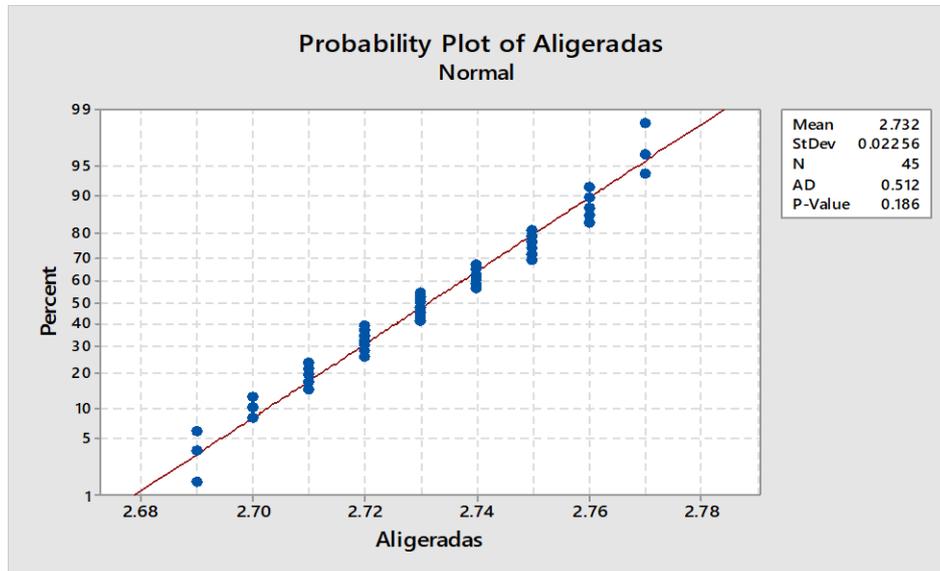


Figura 32: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas aligeradas a los veintiocho días,

ANEXO 21: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ESTÁNDAR A LOS VEINTIOCHO DÍAS

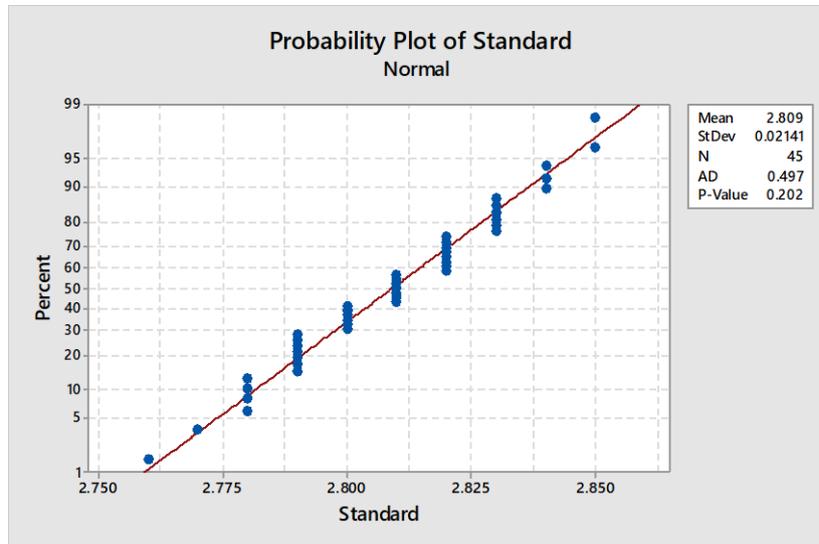


Figura 33: Prueba de normalidad de las muestras de carbonatación de preformas estándar a los veintiocho días.

**ANEXO 22: PRUEBA DE T DE STUDENT DE MUESTRAS DE
CARBONATACIÓN DE PREFORMAS ALIGERADAS Y ESTÁNDAR A LOS
VEINTIOCHO DÍAS**

Two-Sample T-Test and CI: Aligeradas; Standard

Two-sample T for Aligeradas vs Standard

	N	Mean	StDev	SE Mean
Aligeradas	45	2.7316	0.0226	0.0034
Standard	45	2.8091	0.0214	0.0032

Difference = μ (Aligeradas) - μ (Standard)

Estimate for difference: -0.07756

95% CI for difference: (-0.08677; -0.06834)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -16.73 P-Value = 0.000 DF = 87

Figura 34: Prueba de T de student de muestras de carbonatación de preformas aligeradas y estándar a los veintiocho días.

ANEXO 23: PRUEBA DE FISHER PARA COMPARACIÓN DE VARIANZAS DE LAS MUESTRAS DE CARBONATACIÓN A LOS 28 DÍAS

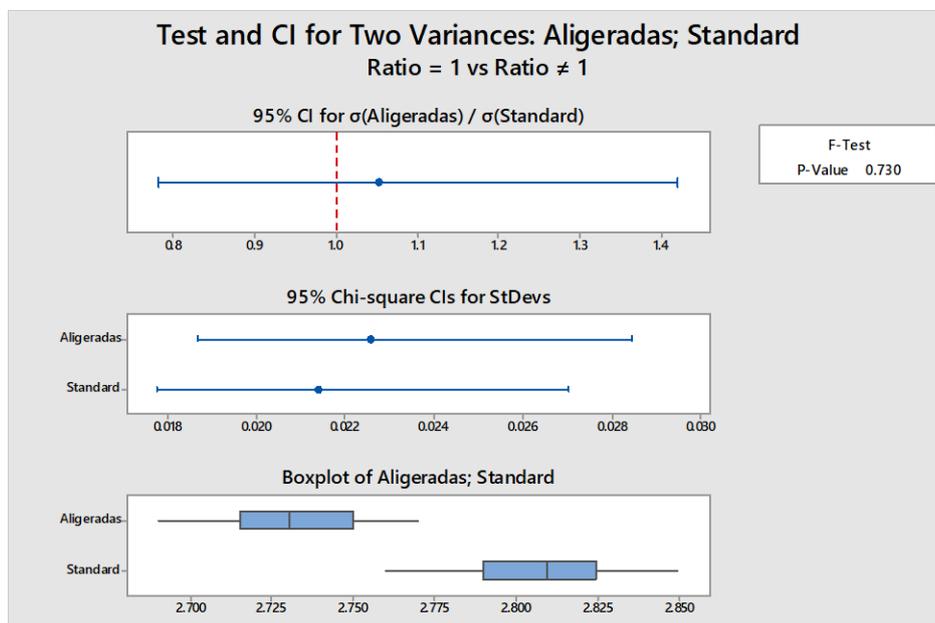


Figura 35: Prueba de Fisher para comparación de varianzas de las muestras de carbonatación a los 28 días

ANEXO 24: SEXO DE PARTICIPANTES DEL FOCUS GROUP

Tabla 12: Sexo de participantes

Variables	N° de Participantes
Mujeres	4
Hombres	6
TOTAL	10

ANEXO 25: ESTUDIOS DE PARTICIPANTES DEL FOCUS GROUP

Tabla 13: Estudios de participantes

Variables	N° de Participantes
Estudios en curso	10
Estudios concluidos	0
TOTAL	10

ANEXO 26: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: NIVEL DE CONSUMO

Tabla 14: Focus Group – Resultados de nivel de consumo

Variable	Todos los días	Dos veces por semana	Una vez por semana	Dos veces al mes	Una vez al mes
Nivel de consumo	3	2	3	1	1

ANEXO 27: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: VISUAL

Tabla 15: Focus Group – Resultados de variable visual

Variable	SI	NO
Visual	0	10

ANEXO 28: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: TEXTURA

Tabla 16: Focus Group – Resultados de variable textura

Variable	SI	NO
Textura	4	6

ANEXO 29: RESULTADOS DEL FOCUS GROUP: SABOR

Tabla 17: Focus Group – Resultados de variable Sabor

Variable	SI	NO
Sabor	1	9