

Caso de Estudio

Estudio preliminar de los factores que afectan el encogimiento en las prendas elaboradas en una maquila en El Salvador

Preliminary study of factors affecting tors affecting shrinkage in garments manufactured in a maquila in El Salvador.

DOI: <https://doi.org/10.51378/reuca.v1i16.7932>

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 3 de noviembre de 2023

Roxana Cárcamo

Académica

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
rycarcamo@uca.edu.sv

ORCID: 0009-0004-3420-9467

El Salvador

Dayra Michelle Contreras Bolaños

Investigadora Independiente

dyra.contreras@gmail.com

ORCID: 0009-0002-8700-5404

El Salvador

Walter Antonio Echeverría Calderón

Investigador Independiente

echeverriaalderon97@gmail.com

ORCID: 0009-0008-7910-2734

El Salvador

Laura Orellana

Académica

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

lorellana@uca.edu.sv

ORCID: 0000-0002-6993-003

El Salvador



Publicamos bajo la Licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Resumen

En el presente artículo se analiza un problema referente al encogimiento en las prendas que se da en las maquilas en El Salvador. Dicho encogimiento ocasiona problemas de incumplimiento con los estándares de calidad del cliente, altos costos por reprocesos e incluso desecho de lotes de producto terminado que no respetan los lineamientos dimensionales estándares. El objetivo principal fue conocer las variables que afectan el encogimiento a través de los valores P, por medio de un análisis cuantitativo, encontrando los factores y las combinaciones de estos mismos que ocasionan el problema, haciendo uso de un diseño factorial general tomando tres factores de estudio, obteniendo resultados a partir del análisis de varianza y gráficos. Con lo anterior, se concluye que a partir del análisis del valor P, para el longitud de cuerpo máximo, la combinación de factores como la talla y el estilo de la prenda es la más significativa y bajo el mismo criterio, la longitud de cuerpo promedio. El factor más significativo fue la composición de tela.

Palabras clave: Textil, maquila, factores de estudio, diseño factorial general, análisis de la varianza.

Abstract

This article analyzes a problem related to shrinkage in the garments that occurs in the maquilas in El Salvador, this shrinkage causes problems of non-compliance with customer quality standards, high costs for reprocessing and even disposal of batches of finished product that do not meet the standard dimensional guidelines. Thus, the main objective of this article is to know the variables that affect shrinkage through P values, through a quantitative analysis, finding the factors and the combinations of these factors that cause the problem, using a general factorial design taking three study factors, obtaining results from the analysis of variance and graphs, concluding that from the P-value analysis, for the maximum body length, the combination of the factors size and style of the garment is the most significant and under the same criteria, the average body length, the most significant factor was the fabric composition.

Keywords: Textile, maquila, study factors, general factorial design, analysis of variance.

Introducción

El proceso de elaboración de las prendas en una maquila es vital para El Salvador. La confección es una actividad que se ha desarrollado en los cinco tamaños de empresa: 1) Emprendedora, 2)

microempresa, 3) pequeña empresa, 4) mediana empresa y 5) gran empresa, que el Banco Central de Reserva del El Salvador clasifica, tal como se muestra en la Tabla 1 (Elías Ayala, 2023, p. 47):

Tabla 1: Tamaños de empresas en monto de ingresos y número de trabajadores

Tamaño de la Empresa	Ventas totales anuales	Número de trabajadores
Microempresa	Hasta \$144,000	Hasta 10
Pequeña empresa	Hasta \$1,445,100	Hasta 50
Mediana empresa	Hasta \$7,000,000	Hasta 1000
Grande empresa	Más de \$7,000,000	Más de 1000

Nota. Elaboración propia con datos del Banco Central de Reserva de El Salvador

Esta producción está basada específicamente en la transformación de la tela en prendas de vestir, como vestidos, pantalones, camisas, camisetas, blusas, ropa interior, entre otros, y está sujeta a los diferentes segmentos económicos, como a gustos personales. De igual forma, esta industria es flexible en su producción, la cual puede ser:

1. Producción para inventarios: la que se produce primero y luego se vende.
2. Producción por pedidos: la que se vende primero y luego se produce.
3. Detalle: la que se confecciona según detalles del cliente.
4. Alta costura: Se trata de diseños exclusivos, de alto costo.

Los procesos, en términos generales, son los que narran cada actividad de forma detallada, descrito mediante algún diagrama, incluso por medio de alguna hoja de ruta (Elías Ayala, 2023 pp. 60-61).

La empresa en la cual se lleva a cabo el estudio se encarga de producir prendas de ropa en distintas tallas, colores y texturas para distintas marcas internacionales, tiene su propio proceso de elaboración de telas en Guatemala, que es de donde se provee la mayor parte de las telas, exportándolas a El Salvador; pero, cuentan con otros proveedores de telas.

La empresa en estudio tiene su proceso y comienza cuando las telas que llegan desembarcan en la bodega designada como el área número 7 de la empresa, al tener el producto se ubica en los estantes y se debe respetar cuatro horas para que la tela se relaje. Durante la visita, la empresa mencionó que en muchos casos debido al retraso de producción la tela pasa de inmediato sin respetar las horas que están dictaminadas por regla y si no se respeta el tiempo de relajamiento la tela no actúa de la manera esperada para la manipulación en los siguientes procesos.

Dependiendo del histórico de la empresa proveedora se toma para revisión entre un 10% y un 20% del lote recién llegado. Las pruebas que se le realizan a la tela son de tono, si vienen con imperfecciones y tamaño, luego el

encargado corta unas tiras que pasan al laboratorio de telas para evaluar el encogimiento, el peso y evaluar *crocking*. Estas pruebas también se hacen en algunos productos después de haber sido estampados, ya que el tejido sufre un encogimiento durante el proceso de impresión en la tela.

Posteriormente, la tela es llevada a corte en donde al largo estándar se le suma el porcentaje de encogimiento. Dicho porcentaje es el resultado de las pruebas hechas en el laboratorio de tela. En este apartado se debe respetar que por cada medida de encogimiento se hace un corte por lote, la máquina hace los cortes con la debida señalización, la cual es una letra del abecedario, para no perder las piezas de cada prenda, en esta etapa uno de las situaciones que se tendrá que analizar es si en el área de corte el porcentaje de encogimiento se respeta al realizar los patrones de las piezas de cada prenda, porque de eso depende de que si al momento de lavar la tela, la prenda tenga las medidas que el cliente desea, otra de las problemáticas que tiene esta área es que algunas piezas no salen cortadas de acuerdo a las medidas establecidas ocasionando en ciertos casos que los cortes sean hechos a mano.

Luego, cada pieza se numera y se identifica debidamente para ordenarlas alfabéticamente y llevarlas a confección. Las piezas se toman en el orden de folio, en confección las piezas son unidas, pero existen casos que dependiendo del cliente primero se estampa la prenda y luego se manda a confeccionar.

Una de las áreas concernientes a analizar es la serigrafía, porque el tipo de estampado suele dejar un encogimiento en la tela por lo que habría que observar el procedimiento de este proceso. Además, hay que tomar en cuenta que las telas que no son 100% algodón sufren más este tipo de problemas de encogimiento.

El presente artículo tiene como objetivo principal dar una apertura sobre los factores que afectan en el proceso de confección de una prenda que hacen que ésta sobrepase los límites de encogimiento, ocasionando problemas con los estándares de calidad del cliente, así como una subida en los costos por reproceso. Incluso, obliga a desechar lotes de producto terminado que irrespetan dichos lineamientos dimensionales estándares.

Metodología

En el presente artículo la metodología de investigación fue de tipo estratégico, el cuál es una combinación del método cualitativo y cuantitativo (Wilson, 2014, p. 117), por lo que se utilizó el método de recolección de datos y el método de análisis.

Métodos de recolección de datos

La recolección de datos es el proceso mediante el cual, los investigadores capturan la información que requieren, a fin de llevar a cabo un estudio (ORI, s/f).

Observación

Las observaciones son registros tomados que no requieren participación. Estos registros se hacen mientras los participantes están involucrados en conductas rutinarias y se utilizan como un indicador de lo que los participantes hacen, en lugar de apoyarse completamente en los relatos de participantes sobre su propia conducta (Alfaro, s/f, p. 4).

Por medio de visitas a la empresa, se realizó la observación pertinente sobre el proceso productivo de las prendas, y así conocer el área o la etapa del proceso en la cual se está dando el mayor problema sobre el encogimiento. Asimismo, se conoció el tipo de tela que sobrepasa los límites de especificación de encogimiento.

Base de datos

Una base de datos hace referencia al conjunto de datos o informaciones determinadas que se pueden consultar de manera ágil, y segmentando las características que se quieren destacar para concretar más la información que se pretende revisar (Peiró, 2020). Para la recolección de datos, la empresa en estudio proveyó bases de datos con información relevante sobre la marca en estudio, composición de tela, estilo, técnica y talla de la prenda. Dicha base contenía información sobre los valores de encogimiento de diferentes combinaciones realizadas y si se presentaron problemas después de realizar alguna de las etapas del proceso productivo.

Método de análisis

La técnica del contraste de hipótesis comprueba si una determinada hipótesis sobre un hecho vinculado a un experimento aleatorio se puede aceptar o se tiene que rechazar. Se establece una hipótesis nula y una hipótesis

alternativa de manera que se pueda comprobar una. El análisis de varianza estudia la generalización de este problema en caso de que se tenga más de dos muestras, con la finalidad de contrastar la hipótesis nula (en adelante, H_0), formulada en estos términos: "Todas las medias poblacionales de las que provienen las muestras son iguales", contra la hipótesis alternativa (que se identifica como H_a), cuya formulación reza: "No todas las medias son iguales", con un nivel de significación α prefijado.

Este método de análisis se utiliza cuando hay dos o más factores de interés al mismo tiempo, muchas respuestas son afectadas por más de un factor. Un experimento factorial completo es aquel en el cual cada combinación de niveles del factor es empleada. Es decir, el número de tratamientos en la experiencia iguala la cantidad total de niveles de los factores.

Después de analizar a profundidad los objetivos del presente estudio se determinó que un diseño 2k no es factible debido a los distintos niveles que posee cada factor porque lo que se decidió tomar un diseño factorial general de manera que el factor A tiene a niveles, el factor B tiene b niveles, etc.

Cuando todos los factores del experimento son fijos, es sencillo formular y probar hipótesis acerca de los efectos principales y las interacciones. Para un modelo con efectos fijos, los estadísticos de prueba para cada efecto principal e interacción pueden construirse dividiendo el cuadrado medio correspondiente del efecto o interacción por el cuadrado medio del error. Todas estas pruebas F serán de una cola superior. El número de grados de libertad de cualquier efecto principal es el número de niveles del factor menos 1, y el número de grados de libertad de una interacción es el producto del número de grados de libertad asociados con los componentes individuales de la interacción.

La tabla de análisis de varianza, suponiendo que los efectos composición de tela, talla de la prenda y estilo de la prenda son fijos, se toman las pruebas F para los efectos principales y las interacciones se siguen directamente de los cuadrados medios esperados. Para poder realizar el análisis de los datos, se utilizó Excel y MINITAB © 2019; ya una vez analizados los datos se procedió a concluir sobre las hipótesis planteadas y los

resultados obtenidos del valor p del análisis de varianza contrastándola con el valor de la significancia del 95%, este dato fue decidido por los investigadores de este trabajo, por lo que no fue necesario dejar planteado a mano cada paso de cómo se formó la tabla anterior con los resultados obtenidos.

Definición de los factores de investigación

Los factores de investigación que se tomaron para ser analizados fueron: la composición de la tela, la talla de la prenda y el tipo de la prenda; existían otros factores, tales como el tipo de estampado ya sea serigrafía o sublimado y si a la prenda se le aplicaba lavado o no, pero dichos factores fueron descartados debido a que las marcas que se estaban evaluando no cumplían con la aplicación de tales factores y también, no se contaba con suficiente tuvieron que ser descartados; por lo que se tomaron aquellos que estaban dentro de los relevantes y con información suficiente para ser analizados. A continuación, se realiza una definición tanto conceptual como operacional de los factores:

- **Definición conceptual**

Composición de la tela: Se refiere al tipo de tela que se

está utilizando, puede ser natural, ya sea algodón, seda, lino, lana; o de tipo sintético como el poliéster.

Talla de la prenda: Hace referencia al tamaño con las medidas que cada cliente desea, como por ejemplo talla S, M, L, XL, 2XL, entre otros.

Tipo de prenda: Se refiere a los diferentes estilos que tiene la marca que se está analizando, por ejemplo: manga larga, manga corta, sin mangas, cuello redondo o cuello en forma V.

Definición operacional

Composición de la tela: Variable aleatoria cuantitativa y se medirá en porcentaje de composición.

Talla de la prenda: Variable aleatoria cualitativa y adimensional.

Tipo de prenda: Variable aleatoria cualitativa y es adimensional.

Matriz de diseño: Definición de niveles por factor

Los factores que se consideran importantes y que cuentan con la mayoría de datos necesarios para analizar son los descritos en la Tabla 2. Cada uno de ellos cuenta con dos variaciones que serán analizadas:

Tabla 2 Niveles por factor

Factores	Niveles
Composición de la tela	85% POLIÉSTER-15% ALGODÓN
	100% POLIÉSTER
Talla de la prenda	L
	M
Tipo de prenda	Manga larga y cuello redondo
	Manga larga con gorro

Nota. Elaboración propia

Las hipótesis para evaluar son las siguientes:

Factor composición de tela

Ho: La composición de la tela no afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: La composición de la tela afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Factor talla de la prenda

Ho: La talla de la prenda no afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: La talla de la prenda afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Factor tipo de la prenda

Ho: El estilo de la prenda no afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: El estilo de la prenda afecta el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Combinación composición de la tela y talla de la prenda

Ho: La composición de la tela y la talla de la prenda no afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: La composición de la tela y la talla de la prenda afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Combinación composición de la tela y estilo de la prenda

Ho: La composición de la tela y el estilo de la prenda no afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: La composición de la tela y el estilo de la prenda afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Combinación de la talla de la prenda y estilo de la prenda

Ho: La talla de la prenda y el estilo de la prenda no afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: La talla de la prenda y el estilo de la prenda afectan el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Combinación de la composición de tela, talla de la prenda y estilo de la prenda

Ho: No todos los factores afectan de igual manera el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

Ha: Todos los factores afectan de igual manera el porcentaje de encogimiento de las prendas en sus diferentes niveles.

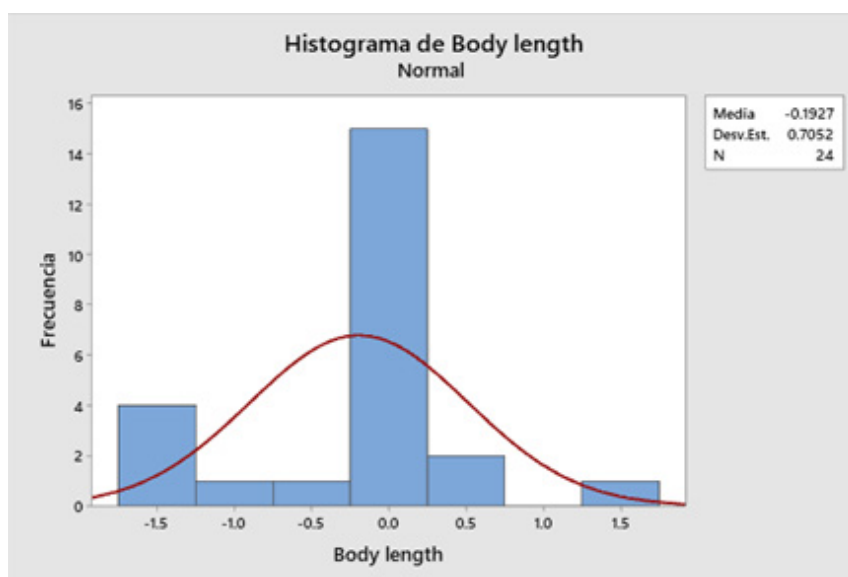
Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de los datos recolectados, mediante el análisis se comprueban o rechazan las hipótesis planteadas y se formulan diferentes conclusiones con respecto a los resultados obtenidos.

Resultados de la longitud del cuerpo con base en el valor máximo

En esta etapa se realizó el análisis estadístico con respecto al valor máximo de la longitud del cuerpo, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida, obteniendo los datos de la Tabla 8 en los anexos.

Figura 1. Histograma de longitud de cuerpo con base al valor máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se destaca en los estadísticos de tendencia central que el encogimiento de la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.7051. Esto, según los datos, es muy alto e indica que se puede desviar 0.7051 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95% de confianza esta entre [-0.4904, 0.1050], por lo que, se puede

decir que el encogimiento máximo de longitud de cuerpo promedio de las prendas se encontrara entre [-0.4904, 0.1050] el 95% de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior supera a la especificación de encogimiento tolerable entre $\pm [0.25]$, pero no la de $\pm [0.50]$ que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. Realizando un análisis inferencial por medio de un modelo factorial general, los factores a considerar se encuentran en la Tabla 3:

Tabla 3: Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Composición de la tela	Fijo	2	85; 100
Talla de la prenda	Fijo	2	L; M
Estilo de la prenda	Fijo	2	Manga larga con gorro; Manga larga cuello redondo

Nota. Elaboración propia

Haciendo uso de un modelo factorial 2^3 definidos en la tabla anterior, se procedió al desarrollo del análisis

de varianza con una significancia del 5%, dando los resultados mostrados en la tabla 4

Tabla 4: Análisis de varianza con respecto a la longitud del cuerpo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	9.902	99.023	3.13	96
Talla de la prenda	1	1.2038	120.378	3.80	69
Estilo de la prenda	1	1.6934	169.336	5.35	34
Composición*Talla	1	788	7.878	0.25	625
Composición*Estilo	1	2.350	23.503	0.74	401
Talla*Estilo	1	1.8288	182.878	5.78	29
Composición*Talla*Estilo	1	3.444	34.440	01.09	312
Error	16	5.0625	31.641		
Total	23	11.4368			

Nota. Elaboración propia

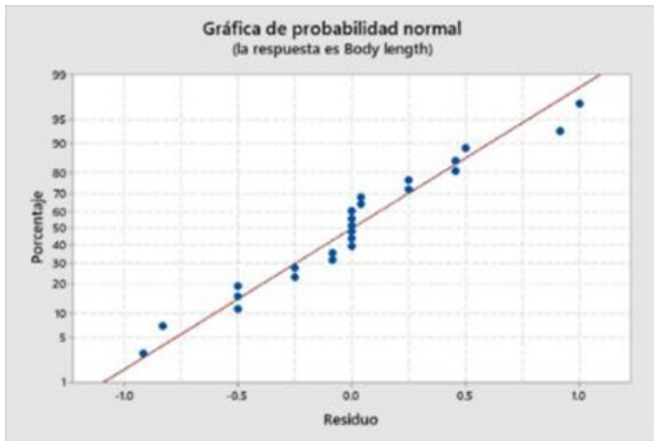
De los resultados obtenidos, se observa el factor Estilo de la prenda y la interacción Talla-Estilo las cuales son significativas con valores P de 0.034 y 0.029 respectivamente. De dicho análisis se infiere que el factor Estilo de la prenda y la combinación Talla de la prenda y Estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas. Por otra parte, la

interacción Talla-Estilo es significativa. Por jerarquía, se debe agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento para dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de gráficos de normalidad, varianza constante e independencia como se muestra en las figuras.

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la Figura 2. Para la variable de respuesta Longitud de cuerpo máximo.

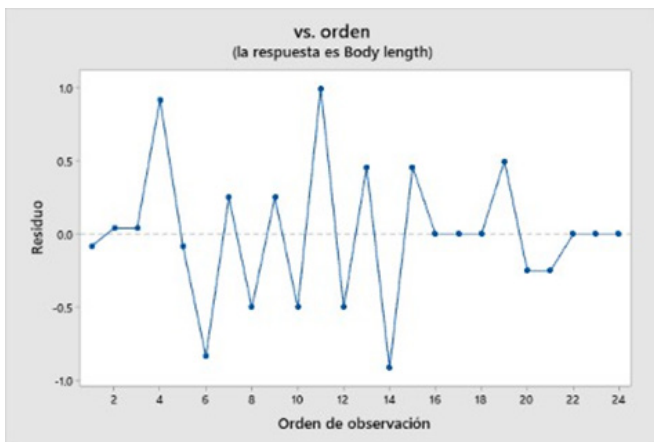
Figura 2 : Gráfico de probabilidad normal de longitud de cuerpo máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se observa que los patrones están distribuidos aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales. Para el supuesto de independencia, se hace uso de la Figura 3:

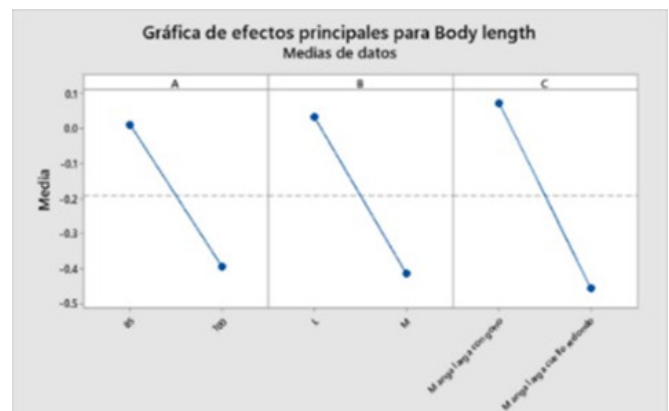
Figura 3: Gráfico de independencia de longitud de cuerpo máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí. Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la Tabla 4.

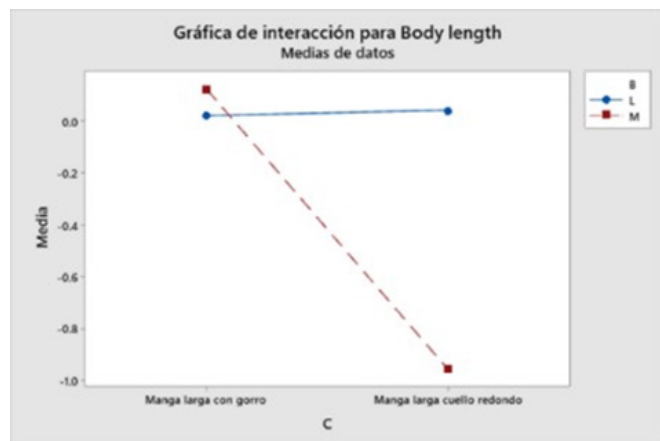
Figura 4: Gráfico de efectos principales con respecto a la longitud de cuerpo máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

En la Figura 4, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 85% poliéster genera un mayor efecto que realizar prendas con 100% poliéster; es decir, que es mejor que lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Asimismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que las de talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas. Según el valor p, la combinación que es significativa es la talla junto con el estilo de la prenda; por lo que, en la Figura 5 se indica que la talla M es más grande que la talla L, esto al utilizar el estilo manga larga con gorro.

Figura 5: Gráfico de la interacción entre composición y estilo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Resultados del pecho con base en el valor máximo.

En la Tabla 9 en el anexo se realizó el análisis estadístico con respecto al valor máximo de la talla del pecho, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida.

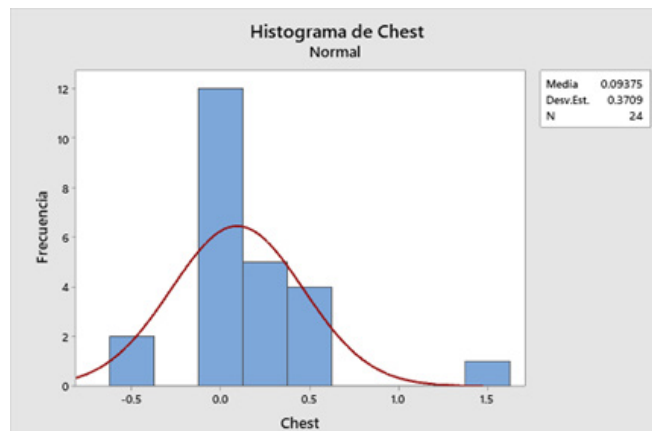
desviar 0.3709 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95% de confianza esta se encuentra entre [-0.0628, 0.2503], por lo que se puede decir que el encogimiento máximo de pecho promedio de las prendas se encontrara entre [-0.0628, 0.2503] el 95% de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que los límites no superan la especificación de encogimiento tolerable de $\pm [0.38]$, ni la de $\pm [0.75]$ y en algunos casos de que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando. Haciendo uso de un modelo factorial, se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5%, dando los resultados mostrados en la Tabla 5:

Tabla 5: Análisis de varianza con respecto al pecho.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	1.042	1.042	0.10	751
Talla de la prenda	1	58.594	58.594	5.84	28
Estilo de la prenda	1	16.667	16.667	1.66	216
Composición*Talla	1	9.375	9.375	0.94	348
Composición*Estilo	1	58.594	58.594	5.84	28
Talla*Estilo	1	9.375	9.375	0.94	348
Composición de la tela*Talla de la prenda*Estilo de la prenda	1	2.344	2.344	0.23	635
Error	16	160.417	10.026		
Total	23	316.406			

Nota. Elaboración propia

Figura 6: Histograma de pecho con base al valor máximo



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

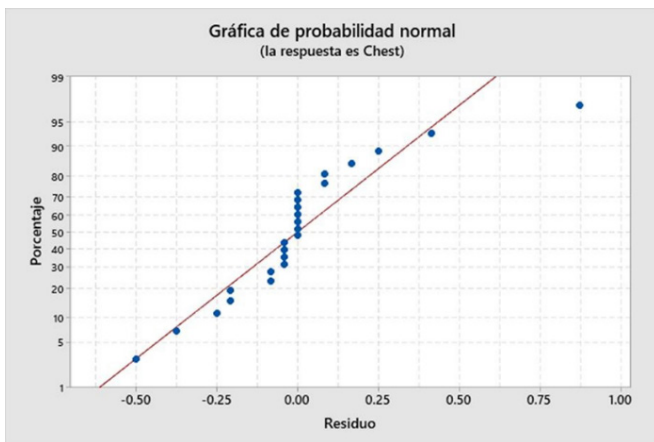
Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero, lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.3709, esto según los datos es muy alto e indica que se puede

De los resultados obtenidos, se observa el factor Talla de la prenda y la interacción Composición-Estilo, las cuales son significativas con valores P de 0.028 para ambos casos. De dicho análisis se infiere que el factor Talla de la prenda y la combinación Composición de la tela y Estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas, como la interacción Composición-Estilo es significativo por jerarquía se debe de agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento de dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la Figura 7. Para la variable de respuesta Pecho máximo.

Figura 7: Probabilidad normal con respecto a pecho máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

En la Figura 7 se observa un valor extremo que se analiza por medio de la estandarización de los errores a una variable Z, tomando en cuenta la

Al sustituir en la ecuación, se tiene como resultado un valor de 2.76. Cuando se compara dicho valor con los límites de ± 3 desviaciones, se infiere que dicho residual es normal y la gráfica de la Figura 7 de normalidad cumple dicho supuesto.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la Figura 8:

Figura 8: Gráfico de independencia de pecho máximo.



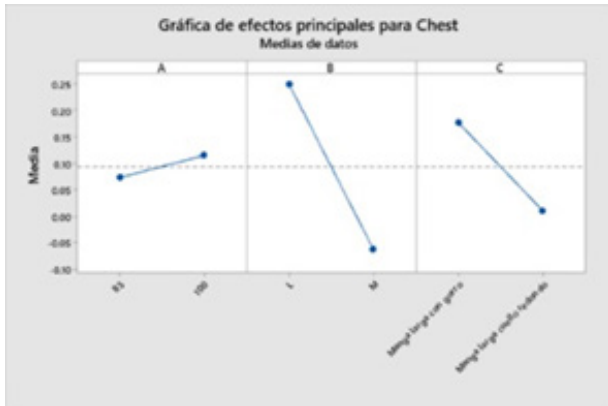
Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se observa que si se tienen patrones y tendencias en la línea horizontal, es posible inferir que los residuos no son independientes entre sí. Esto se puede explicar por varias situaciones. Una de ellas es que las observaciones podrían ser muy próximas con respecto al tiempo. También es posible que algunas de las observaciones aparezcan varias veces en el mismo conjunto de datos y que éstas se encuentren muy juntas en el espacio. Para dar solución a esta problemática se debe realizar un muestreo aleatorio simple que para nuestro estudio no pudo ser posible por la limitante de información que se pudo extraer de la empresa.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales deben fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la Tabla 5.

En la Figura 9, se observa el comportamiento de los efectos principales de la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 100% poliéster genera mayor efecto sobre las camisas que llevan 85% poliéster, esto para el caso de la parte del pecho de la camisa. Así mismo, la talla L genera menos camisas con encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

Figura 9: Efectos principales de pecho máximo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Según el valor p, la combinación significativa es la composición junto con el estilo de la prenda, se observa que en la Figura 10, la composición de la tela al 85% de poliéster es mayor que la composición al 100% poliéster, si se utiliza el estilo manga larga con gorro.

Figura 10: Interacción entre factor composición y estilo.



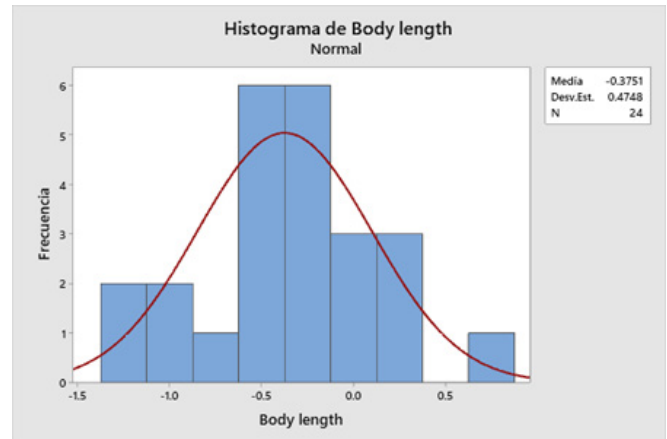
Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Resultados de la longitud del cuerpo con base en el valor promedio

Para este caso, se realizó el análisis estadístico con respecto al promedio de las cuatro medidas que se tomaron de igual número de muestras con respecto a la longitud del cuerpo de la prenda, siempre tomando en

cuenta la tolerancia permitida. Los datos provienen de la Tabla 10 del anexo.

Figura 11: Histograma de longitud de cuerpo con base al valor promedio.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada no es aceptable como estimadores puntuales, ya que no son cercanos a cero lo cual indica que no es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.4748, esto según los datos es muy alto e indica que se puede desviar 0.4748 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95% de confianza, esta se encuentra entre $[-0.5756, -0.1745]$, por lo que se puede decir que el encogimiento promedio de longitud de cuerpo promedio de las prendas se encontrará entre $[-0.5756, -0.1745]$ el 95% de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior supera a la especificación de encogimiento tolerable de $\pm [0.50]$, pero no la de $\pm [0.25]$ que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando.

Haciendo uso de un modelo factorial 2^3 , se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5%, dando los resultados mostrados en la Tabla 6:

Tabla 6: Análisis de varianza de longitud de cuerpo promedio.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	99.328	993.284	05.03	39
Talla de la prenda	1	7.906	79.063	0.40	536
Estilo de la prenda	1	34.261	342.607	1.74	206
Composición*Talla	1	563	5.627	0.03	868
Composición*Estilo	1	266	2.657	0.01	909
Talla*Estilo	1	43.808	438.075	2.22	156
Composición*Talla*Estilo	1	16.625	166.250	0.84	372
Error	16	315.841	197.400		
Total	23	518.597			

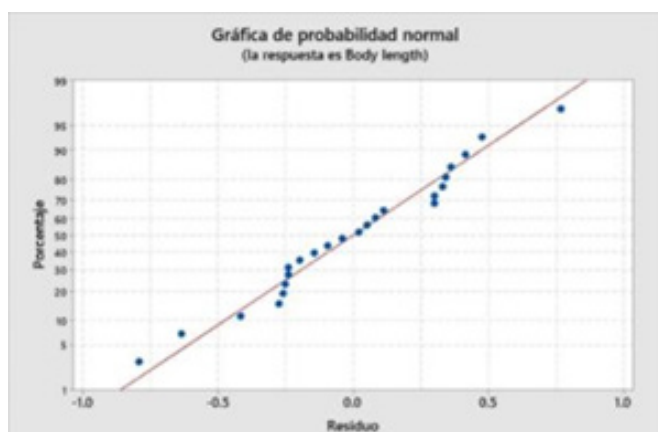
Nota. Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se observa el factor Composición de la tela el cual es significativo con valor p de 0.039. De dicho análisis se infiere que el factor composición de la tela es la fuente de variación que afecta al encogimiento de la prenda.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la Figura 12, y se refiere a la variable de respuesta longitud de cuerpo promedio.

Figura 12: Probabilidad normal longitud de cuerpo t promedio.

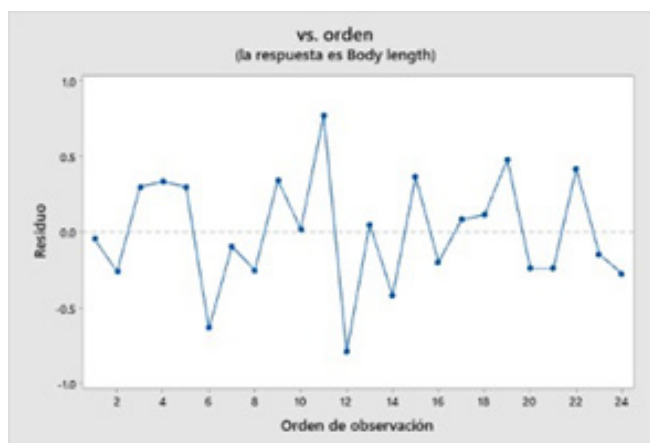


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

La Figura 12 muestra que los patrones están distribuidos aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la Figura 13.

Figura 13: Gráfico de independencia Longitud de cuerpo promedio.

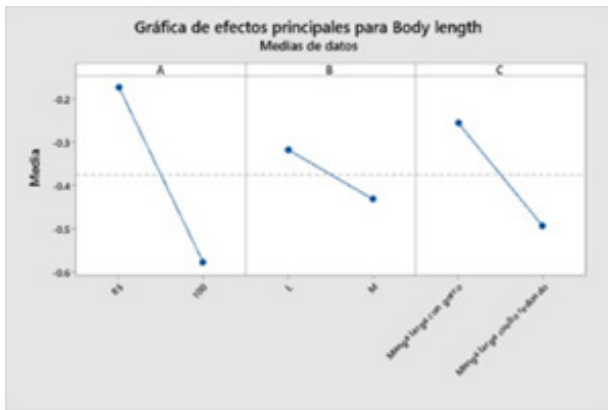


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la Tabla 6.

Figura 14: Efectos principales longitud de cuerpo promedio.

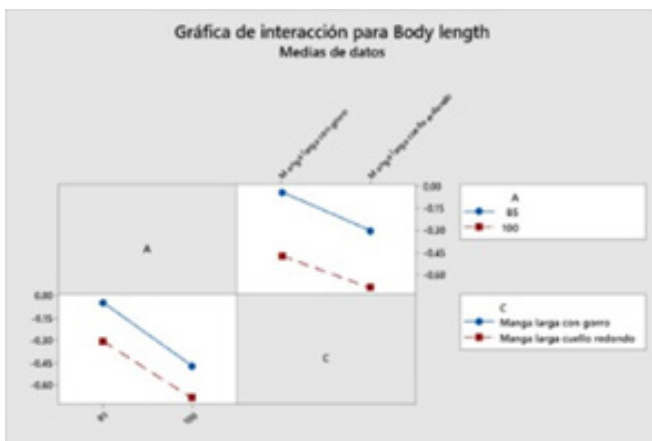


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

En la Figura 14, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que el efecto que ejerce mayor fuerza con respecto al encogimiento es la composición de poliéster que tiene la tela, sobre todo al 85% poliéster. Es mejor que la prenda lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Asimismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

En la Figura 15 de interacciones, se puede observar que las líneas son paralelas entre sí, por lo que, no existe interacción entre ellas.

Figura 15: Interacción entre composición y estilo.

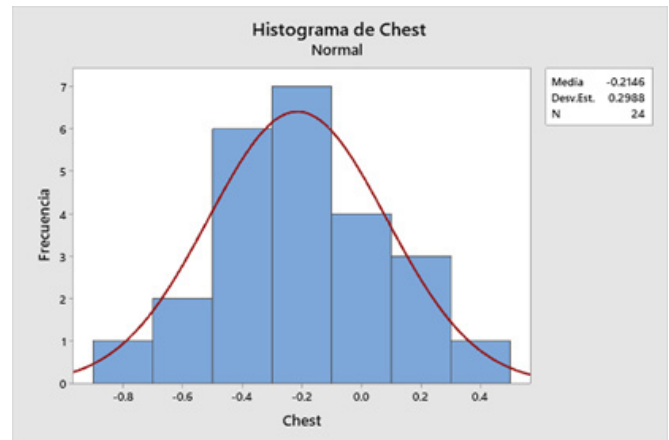


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Resultados de pecho con base en el valor promedio.

Para este caso, se realizó el análisis estadístico con respecto al promedio de las cuatro medidas que se tomaron de igual número de muestras con respecto al pecho de la prenda, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida, obteniendo los resultados de la Tabla 11 de los anexos.

Figura 16: Histograma de pecho con base al valor promedio.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.2987. Esto, según los datos, es muy alto e indica que se puede desviar 0.2987 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95% de confianza, esta se encuentra entre [-0.3407, -0.0884], por lo que se puede decir que el encogimiento promedio de pecho promedio de las prendas se encontrara entre [-0.3407, -0.0884] el 95% de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior no supera a la especificación de encogimiento tolerable de $\pm [0.38]$, pero sí la de $\pm [0.75]$ que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando.

Haciendo uso de un modelo factorial 2³, se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5%, dando los resultados mostrados en la Tabla 7:

Tabla 7: Análisis de varianza de pecho promedio

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	1.831	1.831	0.28	607
Talla de la prenda	1	39.773	39.773	5.99	26
Estilo de la prenda	1	6.690	6.690	01.01	330
Composición*Talla	1	2.178	2.178	0.33	575
Composición*Estilo	1	41.881	41.881	6.31	23
Talla*Estilo	1	1.388	1.388	0.21	654
Composición*Talla*Estilo	1	5.411	5.411	0.82	380
Error	16	106.159	6.635		
Total	23	.310			

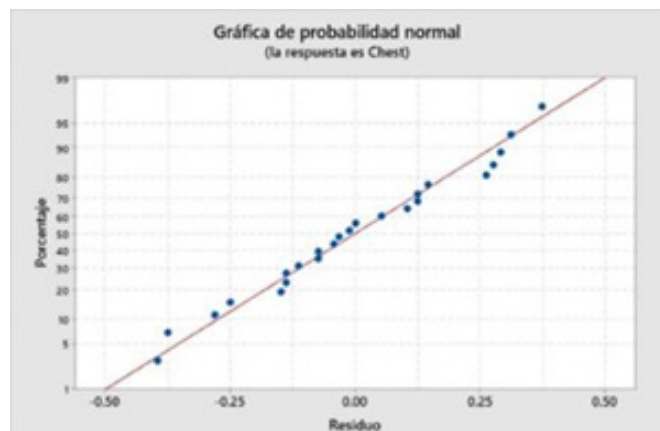
Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

De los resultados obtenidos, se observa el factor Talla de la prenda y la interacción Composición-Estilo las cuales son significativas con valores P de 0.026 y 0.023 respectivamente. De dicho análisis se infiere que el factor Talla de la prenda y la combinación Composición de la tela y Estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas, como la interacción Composición-Estilo es significativo por jerarquía se debe de agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento de dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la Figura 17, para la variable de respuesta Pecho promedio.

Figura 17: Probabilidad normal pecho promedio.

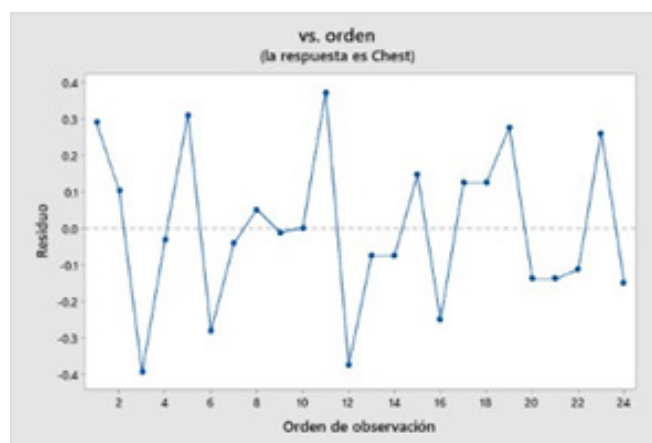


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

La Figura 17 muestra que los patrones están distribuidos de forma aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la Figura 18.

Figura 18: Gráfica de independencia de pecho promedio

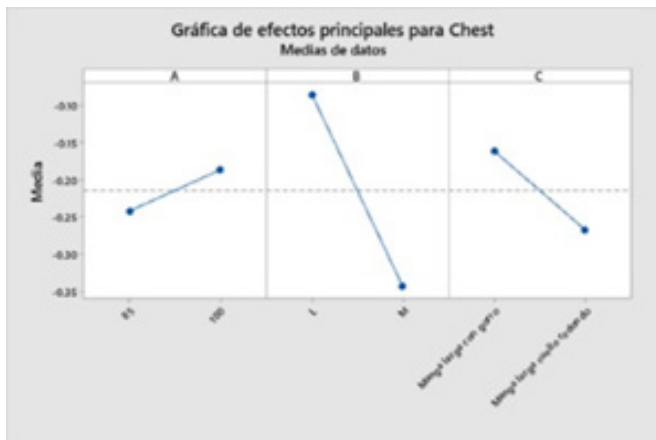


Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la Tabla 7:

Figura 19: Efectos principales pecho promedio.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

En la Figura 19, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 85% poliéster genera un mayor efecto que realizar prendas con 100% poliéster; es decir, que es mejor que lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Así mismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

Según el valor p, la combinación entre la composición de poliéster que tiene la tela y el estilo de la camisa, en la Figura 20 se indica que la composición de la tela al 85% poliéster es mayor que la composición al 100% poliéster, esto utilizando el estilo manga larga con gorro

Figura 20: Interacción entre composición y estilo.



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Conclusiones

Haciendo uso del diseño experimental, en la investigación realizada se determinaron cuáles de los siguientes factores: composición de la tela, talla de la prenda y estilo de la prenda y la combinación de estos son los que afectaban al encogimiento de la prenda, según los valores p obtenidos para cada factor y las distintas combinaciones que existen, comparándose con un nivel de significancia establecido de 0.05. Para el caso de longitud de cuerpo, el valor máximo y promedio es de 0.029 y 0.039 respectivamente. Se puede concluir que a partir del análisis del valor p, para la longitud de cuerpo máximo, la combinación de los factores talla y el estilo de la prenda es la más significativa y bajo el mismo criterio, la longitud de cuerpo promedio, el factor más significativo fue la composición de tela.

A partir del uso del diseño experimental, y teniendo en cuenta que el valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula, se observó que para el caso de pecho máximo y promedio según el valor p, el factor talla y la combinación entre la composición de la tela y el estilo para ambos escenarios son los más significativos en la prueba.

Luego de realizar los estudios pertinentes y con la información recolectada en las visitas, se pudo identificar que los factores que afectan al encogimiento de la tela son la composición de poliéster que contiene la tela, la talla de la prenda y el estilo de la prenda, al comparar los resultados de cada una de las pruebas se concluye que se debe de trabajar las prendas con una composición del 85% o 100% poliéster, en talla L con estilo manga larga con gorro.

Recomendación

Después de haber realizado la presente investigación junto con el análisis pertinente, se recomienda realizar futuras investigaciones, sirviendo esta como base para poder analizar las conclusiones obtenidas y realizar la verificación de estas; así como, poder obtener realizar comparativos con respecto a los costos, el tiempo que tarda en las operaciones, la productividad y la disminución en los reprocesos en que incurre la maquila.

Referencias bibliográficas

- Elías Ayala, M. E. (2023). Procesos productivos: la industria de prendas de vestir, sus desarrollos tecnológicos y las estrategias económicas y sociales en El Salvador. URI : <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/5064>
- Fernández Bao, S. (2020). Diseño de experimentos: Diseño factorial (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). URI: <http://hdl.handle.net/2117/339723>, Cap. 5-Pág. 117
- Wilson, J. (2014). Essentials of business research: A guide to doing your research project. *Essentials of Business Research*, 1-376. Sage Publications Ltd.
- Peiró, R. (2020). Base de datos. *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/base-de-datos.html>

Anexos Resultados de longitud de cuerpo máximo con base en el valor máximo

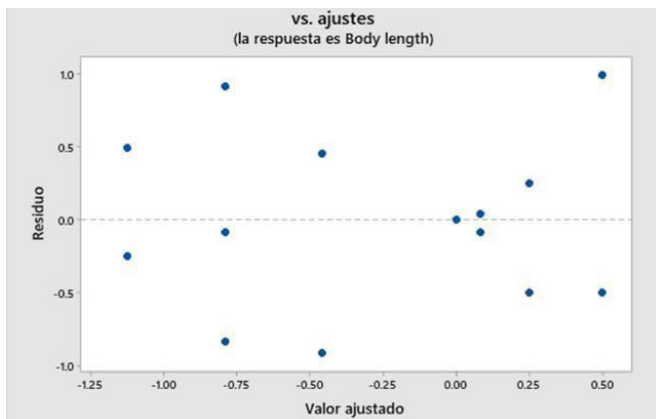
Tabla 8: Resultados de longitud de cuerpo máximo

Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Longitud de cuerpo
85	L	Manga larga cuello redondo	0
85	L	Manga larga cuello redondo	1.250
85	L	Manga larga cuello redondo	1.250
85	M	Manga larga cuello redondo	1.250
85	M	Manga larga cuello redondo	-8.750
85	M	Manga larga cuello redondo	-16.250
85	M	Manga larga con gorro	5.000
85	M	Manga larga con gorro	-2.500
85	M	Manga larga con gorro	5.000
85	L	Manga larga con gorro	0
85	L	Manga larga con gorro	1.5000
85	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga con gorro	-13.750
100	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga cuello redondo	0
100	L	Manga larga cuello redondo	0
100	L	Manga larga cuello redondo	0
100	M	Manga larga cuello redondo	-6.250
100	M	Manga larga cuello redondo	-13.750
100	M	Manga larga cuello redondo	-13.750
100	M	Manga larga con gorro	0
100	M	Manga larga con gorro	0
100	M	Manga larga con gorro	0

Nota. Elaboración propia

Para determinar si la varianza de los residuales es constante o cumplen con homocedasticidad se hace uso del gráfico de la Figura 21.

Figura 21: Gráfica de residuales de longitud de cuerpo con base al valor máximo



Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

Según la Figura 21, se puede observar la gráfica de residuales versus el valor ajustado la cual indica supuesto de varianza constante, se observa que esta gráfica se distribuye de manera aleatoria en la banda horizontal, no mostrando patrones que nos indiquen que la varianza no sea constante, por lo que se infiere que los residuales de los tratamientos tienen igual varianza.

Resultados del pecho (Pecho) con base en el valor máximo

Tabla 9: Resultados de pecho máximo

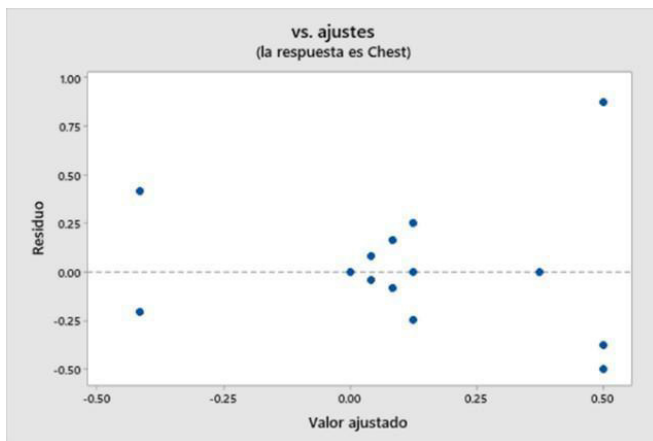
Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Pecho
85	L	Manga larga cuello redondo	2.500
85	L	Manga larga cuello redondo	0
85	L	Manga larga cuello redondo	0
85	M	Manga larga cuello redondo	-6.250
85	M	Manga larga cuello redondo	0
85	M	Manga larga cuello redondo	-6.250
85	M	Manga larga con gorro	3.750
85	M	Manga larga con gorro	1.250
85	M	Manga larga con gorro	-1.250
85	L	Manga larga con gorro	1.250
85	L	Manga larga con gorro	1.3750
85	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga con gorro	0
100	L	Manga larga con gorro	1.250
100	L	Manga larga cuello redondo	3.750
100	L	Manga larga cuello redondo	3.750
100	L	Manga larga cuello redondo	3.750

Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Pecho
100	M	Manga larga cuello redondo	0
100	M	Manga larga cuello redondo	0
100	M	Manga larga cuello redondo	0
100	M	Manga larga con gorro	0
100	M	Manga larga con gorro	1.250
100	M	Manga larga con gorro	0

Nota. Elaboración propia

Para determinar si la varianza de los residuales es constante o cumplen con homocedasticidad se hace uso del gráfico de la Figura 22

Figura 22: Gráfica de residuales de pecho con base al valor máximo.



Según la Figura 22, se puede observar la gráfica de residuales versus el valor ajustado la cual indica el supuesto de varianza constante, se observa que esta gráfica se distribuye de manera aleatoria en la banda horizontal, no mostrando patrones que nos indiquen que la varianza no sea constante, por lo que se infiere que los residuales de los tratamientos tienen igual varianza.

Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

● **Resultados de la longitud del cuerpo con base en el valor promedio.**

Tabla 10: Resultados de longitud de cuerpo promedio.

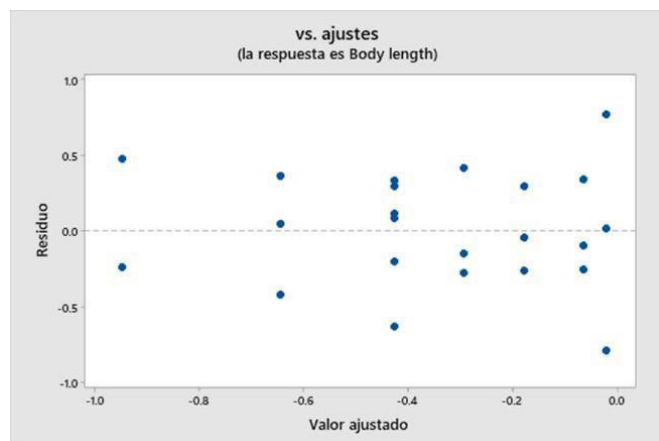
Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Longitud de cuerpo
85	L	Manga larga cuello redondo	-2.188
85	L	Manga larga cuello redondo	-4.375
85	L	Manga larga cuello redondo	1.250
85	M	Manga larga cuello redondo	-938
85	M	Manga larga cuello redondo	-1.250
85	M	Manga larga cuello redondo	-10.600
85	M	Manga larga con gorro	-1.563
85	M	Manga larga con gorro	-3.125
85	M	Manga larga con gorro	2.813
85	L	Manga larga con gorro	0
85	L	Manga larga con gorro	7.500

Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Longitud de cuerpo
85	L	Manga larga con gorro	-8.125
100	L	Manga larga con gorro	-5.938
100	L	Manga larga con gorro	-10.625
100	L	Manga larga con gorro	-2.813
100	L	Manga larga cuello redondo	-6.250
100	L	Manga larga cuello redondo	-3.438
100	L	Manga larga cuello redondo	-3.125
100	M	Manga larga cuello redondo	-4.688
100	M	Manga larga cuello redondo	-11.875
100	M	Manga larga cuello redondo	-11.875
100	M	Manga larga con gorro	1.250
100	M	Manga larga con gorro	-4.375
100	M	Manga larga con gorro	-5.675

Nota. Elaboración propia

Para determinar si la varianza de los residuales es constante o cumplen con homocedasticidad se hace uso del gráfico de la Figura 23.

Figura 23: Gráfica de residuales de longitud de cuerpo con base al valor promedio.



Según la Figura 23, se puede observar la gráfica de residuales versus el valor ajustado la cual indica el supuesto de varianza constante, se observa que esta gráfica se distribuye de manera aleatoria en la banda horizontal, no mostrando patrones que nos indiquen que la varianza no sea constante, por lo que se infiere que los residuales de los tratamientos tienen igual varianza

Nota. Elaboración propia con el uso de MINITAB

● **Resultados de pecho con base en el valor promedio**

Tabla 11: Resultados de pecho promedio

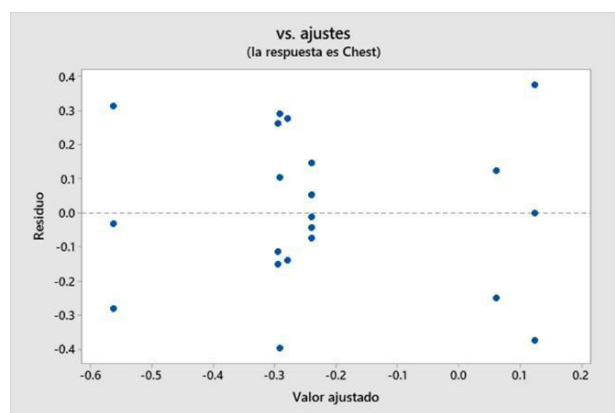
Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Pecho
85	L	Manga larga cuello redondo	0
85	L	Manga larga cuello redondo	-1.875
85	L	Manga larga cuello redondo	-6.875
85	M	Manga larga cuello redondo	-5.938

Composición de la tela	Talla de la prenda	Estilo de la prenda	Pecho
85	M	Manga larga cuello redondo	-2.500
85	M	Manga larga cuello redondo	-8.438
85	M	Manga larga con gorro	-2.813
85	M	Manga larga con gorro	-1.875
85	M	Manga larga con gorro	-2.500
85	L	Manga larga con gorro	1.250
85	L	Manga larga con gorro	5.000
85	L	Manga larga con gorro	-2.500
100	L	Manga larga con gorro	-3.125
100	L	Manga larga con gorro	-3.125
100	L	Manga larga con gorro	-925
100	L	Manga larga cuello redondo	-1.875
100	L	Manga larga cuello redondo	1.875
100	L	Manga larga cuello redondo	1.875
100	M	Manga larga cuello redondo	0
100	M	Manga larga cuello redondo	-4.167
100	M	Manga larga cuello redondo	-4.167
100	M	Manga larga con gorro	-4.063
100	M	Manga larga con gorro	-313
100	M	Manga larga con gorro	-4.425

Fuente: *Elaboración propia, 2022.*

Para determinar si la varianza de los residuales es constante o cumplen con homocedasticidad se hace uso del gráfico de la Figura 24.

Figura 24: Gráfica de residuales de pecho con base al valor promedio.



Nota. *Elaboración propia con el uso de MINITAB*

Según la Figura 24, se puede observar la gráfica de residuales versus el valor ajustado la cual indica el supuesto de varianza constante. Se observa que esta gráfica se distribuye de manera aleatoria en la banda horizontal, sin mostrar patrones que nos indiquen que la varianza no sea constante, por lo que se infiere que los residuales de los tratamientos tienen igual varianza.