



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA:

**APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN
UNA PLANTA TEXTIL PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y
CAPACIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE TEJIDO DE
PUNTO POR TRAMA JERSEY.**

AUTOR: EDUARDO ANDRÉS BENAVIDES PORTILLA

DIRECTOR: MSC. FERNANDO FIERRO

Ibarra – Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100351976-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Benavides Portilla Eduardo Andrés		
DIRECCIÓN:	San Antonio – Laura López 1-30		
EMAIL:	eabenavidesp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062933011	TELÉFONO MÓVIL:	0995024000

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA PLANTA TEXTIL PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE TEJIDO DE PUNTO POR TRAMA JERSEY.
AUTOR (ES):	Benavides Portilla Eduardo Andrés
FECHA: AAAAMMDD	2018/03/23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Textil
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Fernando Fierro

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Eduardo Andrés Benavides Portilla, con cédula de identidad Nro. 100351976-4 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Marzo del 2018

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

(Firma).....

BENAVIDES PORTILLA EDUARDO ANDRÉS

C.I.: 100351976-4

Facultado por resolución de Consejo

Universitario _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Eduardo Andrés Benavides Portilla con cédula de identidad Nro. 100351976-4 pongo en manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado “APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA PLANTA TEXTIL PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE TEJIDO DE PUNTO POR TRAMA JERSEY”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Textil, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, Marzo del 2018.

(Firma).....

BENAVIDES PORTILLA EDUARDO ANDRÉS

C.I.: 100351976-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EB CIENCIAS APLICADAS

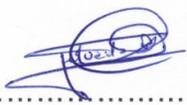
DECLARACIÓN

Yo, Eduardo Andrés Benavides Portilla, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito, es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual, correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ibarra, Marzo del 2018

EL AUTOR:

(Firma).....

BENAVIDES PORTILLA EDUARDO ANDRÉS

C.I.: 100351976-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EB CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el Sr. Eduardo Andrés Benavides Portilla ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de tesis "APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA PLANTA TEXTIL PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE TEJIDO DE PUNTO POR TRAMA JERSEY", previo a la obtención del título de Ingeniería Textil, trabajo que realizo con interés profesional y responsabilidad, es cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ibarra, Marzo del 2018

Msc. Fernando Fierro

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres Edmundo Benavides y Rosa Portilla por el esfuerzo dedicado en mi educación y formación como persona íntegra y como profesional.

A cada uno de los maestros de la carrera de ingeniería textil por las enseñanzas y consejos impartidos en clases, más que maestros siempre serán mis grandes amigos.

A la empresa "Texco S.A" por abrirme las puertas y permitirme realizar el presente proyecto.

Eduardo Benavides



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico el logro alcanzado a mis padres y a mi hermanito Edison, siempre serán mi fuente de inspiración y superación.

Eduardo Benavides

RESUMEN

“Texco S.A.” es una empresa industrial textil productora y comercializadora de tejido de punto que en poco tiempo ha logrado posicionarse firmemente en el mercado nacional. Si bien cuenta con los instrumentos necesarios para producir tejido de calidad, este se ve afectado a causa de la falta de control en los procesos de producción que finalmente generan tejidos defectuosos, reprocesos e insatisfacción de clientes. A pesar de contar con un departamento de control de calidad y realizar la inspección de tejido terminado, no es suficiente para garantizar los resultados requeridos.

El presente proyecto realizó la investigación, desarrollo y aplicación de un sistema de control de calidad fundamentado en la prevención a través del control estadístico de procesos que permita garantizar la calidad del tejido en cada uno de los procesos de producción. Durante este proyecto se identificó, seleccionó y estudió variables que son críticas en el desempeño de los procesos de tejeduría, tintorería y acabados; para posteriormente determinar la estabilidad de funcionamiento, capacidad de cumplir con requerimientos e identificación de las posibles fuentes de variación que generan desajustes.

Si bien los resultados significativos de un sistema de control de calidad se obtienen en el mediano y largo plazo, el presente trabajo expone la aplicación práctica de herramientas de control en la gestión de la calidad, de tal manera que en corto tiempo se constituya una estructura sólida que permita mayor productividad y mejores niveles de calidad.

SUMMARY

"Texco S.A." is a textile industrial company, and also a seller of knitting, which in a short time has managed to position itself firmly in the national market. Although it has the necessary tools to produce quality fabrics, it is affected due to the lack of control in the production processes that ultimately generate defective fabrics, reprocesses and customer dissatisfaction. Despite having a quality control department and performing a finished fabric inspection, it is not enough to guarantee the required results.

The present project carried out the research, development and application of a quality control system based on prevention through the statistical control of processes that allows to guarantee the quality of the fabric in each of the production processes. During this project were identified, selected and studied variables that are critical in the performance of the weaving, dyeing and finishing processes; to later determine the stability of operation, ability to meet requirements and identification of possible sources of variation that generate imbalances.

Although the significant results of a quality control system are to be obtained in a medium and long term, the present work exposes the practical application of control tools in the management of quality in such a way that in a short time a solid structure is to be constituted allowing greater productivity and better-quality levels.



Victor Rodriguez
1715496129 U
[Handwritten signature]

PROBLEMA

Como consecuencia de los avances en la industria y la modernización de la sociedad, el control de calidad dentro de una organización es cada vez más importante (Ishikawa, 1994). Convirtiéndose en un requisito indispensable para asegurar la calidad del producto, mejorar la productividad y reducir los costos de producción (Lockuán, 2012). Garantizando de esta manera la permanencia de una organización en un mercado cada vez más competitivo. En todo esto Montgomery (2007) señala que los métodos estadísticos de control juegan un papel determinante en la concepción de esta metodología y el mejoramiento continuo de la calidad. A pesar de ello Pola (1993) afirma que los métodos estadísticos son para muchas empresas desconocidos, o en el mejor de los casos infrautilizados.

Este es el caso de la empresa “Texco S.A.” denominada así por motivos de seguridad, la cual actualmente lleva un control de calidad de tipo reactivo que verifica si el producto terminado cumple o no con requerimientos, evitando únicamente que los productos no conformes lleguen al consumidor, lo que resulta improductivo y muy costoso a largo plazo. Esto indudablemente genera pérdidas económicas por re-procesos, repercusión en los resultados y los objetivos que desea alcanzar la empresa.

La empresa “Texco S.A.” al carecer de un control estadístico de los procesos impide que, ingenieros, supervisores y operarios conozcan el desempeño en el que se desarrollan los procesos, si los mismos se encuentran funcionando de manera satisfactoria o si requieren atención para su mejora; y hasta qué punto las características de calidad cumplen con los requerimientos establecidos. Lo que

dificulta decidir y actuar anticipadamente ante los problemas de manera objetiva en base al conocimiento de la variabilidad de los procesos; en lugar de atender aspectos superficiales, corrigiendo únicamente los efectos y no las causas mediante ajustes innecesarios que generan mayor variabilidad en los procesos. Esto consecuentemente imposibilita a la empresa en la ejecución de un plan de mejoramiento continuo basado en la reducción de la variabilidad, prevención de los defectos y cumplimiento de parámetros.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar el Control Estadístico de Procesos en la empresa "Texco S.A." para determinar la estabilidad y capacidad de los procesos de fabricación de tejido de punto por trama jersey.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las variables de salida de los procesos o características de calidad a controlar.
- Determinar los parámetros para las características de calidad (tendencia central y dispersión).
- Establecer los límites de control para cada una de las características de calidad.
- Elaborar diagramas de control que permitan monitorear el proceso y determinar la estabilidad de los mismos.
- Identificar posibles causas de variación.
- Determinar el nivel de cumplimiento de especificaciones mediante un estudio de capacidad de los procesos.

JUSTIFICACIÓN

Al ser la calidad un factor importante para la supervivencia de una organización, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad aplicar un nuevo esquema de control en la empresa “Texco S.A.” que permita asegurar la calidad del tejido en cada uno de los procesos de fabricación, enfocado en la prevención de defectos y mejoramiento continuo de los mismos a través del Control Estadístico de Procesos.

Para Bureau Veritas (2010) el Control Estadístico de Procesos es un instrumento de gestión que permite implantar y garantizar los objetivos deseados bajo la filosofía de la prevención a través de un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.

En vista de lo antes mencionado resulta importante y factible aplicar un Control Estadístico de Procesos en la empresa “Texco S.A.” con el fin de que permita realizar un seguimiento de la calidad que ofrecen los procesos de tejeduría, tintorería y acabados, mediante el monitoreo de variables que están relacionadas con la calidad del tejido, permitiendo así, prevenir/predecir y minimizar las variaciones de los proceso mismas que originan inestabilidad en los procesos y una disminución del nivel de calidad exigido en el tejido resultante.

El proyecto de estudio al estar direccionado en la medición de la estabilidad y capacidad de los procesos, proporciona información fundamentada en datos y no al azar de la variabilidad y del nivel de cumplimiento de especificaciones de los mismos; para así considerar objetivamente si los procesos de fabricación se

encuentran funcionando de manera satisfactoria, o si requieren la implementación de acciones de mejora que permitan alcanzar procesos bajo control estadístico y capaces en el cumplimiento de especificaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE ..	IV
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
DECLARACIÓN.....	V
CERTIFICACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY	X
PROBLEMA.....	XI
OBJETIVOS	XIII
JUSTIFICACIÓN	XIV
ÍNDICE DE CONTENIDO	XVII
LISTA DE FIGURAS.....	XX
LISTA DE TABLAS.....	XXII
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	1
1.1.1 VARIACIÓN Y SUS CAUSAS.....	2

1.1.2 DIAGRAMAS DE CONTROL.....	4
1.1.2.1 Límites de control.....	6
1.1.2.2 Tamaño de la muestra y frecuencia de muestreo	8
1.1.2.1 Tipos de diagramas de control.....	8
1.1.2.4 Análisis de patrones.	15
1.1.3 ESTUDIO DE CAPACIDAD.....	17
1.1.3.1 Índices de capacidad.	19
CAPITULO II.....	24
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TEJIDO.....	24
2.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO. TEJIDO DE PUNTO POR TRAMA JERSEY.	24
2.1.1 CARACTERÍSTICAS:	24
2.1.1 ELEMENTOS.....	25
2.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE TEJIDO DE PUNTO.	26
2.2.1 PROCESO DE TEJEDURÍA.	26
2.2.2 PROCESO DE TINTORERÍA.....	28
CAPITULO IV	32
ESTUDIO INICIAL	32
3.1 ESTADO ACTUAL.....	32
3.2 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL.	35
3.2.1 LONGITUD DE MALLA.....	36
3.2.2 DEFECTOS (PUNTAJE).....	37
3.2.3 TONALIDAD	38
3.2.4 PICK-UP.....	39
3.2.5 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	39
3.2.6 ANCHO.....	40

3.2.7 GRAMAJE.....	41
3.3 TAMAÑO Y FRECUENCIA DE MUESTREO.....	41
3.4 TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS.	42
3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	44
CAPITULO IV	46
APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO.....	46
4.1 GENERALIDADES	46
4.2 RESULTADOS EN EL PERIODO DE CONTROL.	47
4.3 ESTUDIO DE APTITUD DEL PROCESO. ÍNDICES DE CAPACIDAD.	57
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la variación debida a causas comunes a lo largo del tiempo. (Pola, 1993, pág. 71)	3
Figura 2. Variación a lo largo del tiempo debido a causas especiales. (Pola, 1993, pág. 72).	4
Figura 3. <i>Idea y elementos de un diagrama de control.</i> (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009, pág. 187).	6
Figura 4. Porcentaje del área bajo la curva de distribución normal. (Pola Maseda, 1993, pág. 56).....	7
Figura 5. Frecuencia de muestreo T(1) y T(2) para control de la medida. (Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades , 2006, pág. 112).....	8
Figura 6. Gráfico de control que proporciona evidencia para investigar. (Bertrand & Prabhakar, 1990, pág. 95).....	16
Figura 7. Límites de control para el proceso y límites de especificación. (Bureau Veritas, 2010, pág. 9)	17
Figura 8. Ciclo de mejora continua en la aplicación del control estadístico del proceso. (Pola, 1993, pág. 98).....	19
Figura 9. Vista ampliada de un tejido de punto (jersey). (Lockuán Lavado, 2012, pág. 64).	24
Figura 10. Partes de la malla. (Lockuán Lavado, 2012, pág. 74).....	25
Figura 11. Columnas y pasadas en un tejido de punto por trama. (Lockuán Lavado, 2012, pág. 76).....	26
Figura 12. Caracterización del proceso de tejeduría.....	27
Figura 13. Caracterización del proceso de tintorería.	30
Figura 14. Diagramas de control. Longitud de malla.....	47
Figura 15. Diagramas de control. Defectos (Puntaje)	49

Figura 16. Diagrama de control. Tonalidad.....	50
Figura 17. Diagramas de control. Pick-up.....	51
Figura 18. Diagramas de control. Contenido de humedad.....	52
Figura 19. Diagramas de control. Ancho.....	54
Figura 20. Diagramas de control. Gramaje	55
Figura 21. Formato desarrollado para determinar el valor de los índices de capacidad.	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de control de calidad actual vs propuesto.	35
Tabla 2. Relación longitud de malla con las características y propiedades del tejido.....	37
Tabla 3. Sistema de calificación. Método de los cuatro puntos.....	37
Tabla 4. Niveles de calidad. Método de los cuatro puntos.....	38
Tabla 5. Regain estándar de las fibras.....	40
Tabla 6. Tamaño muestral, frecuencia de muestreo y tipo de diagrama de control.	41
Tabla 7. Resumen de resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling y Kolgomorov- Smirnov	43
Tabla 8. Parámetros de las variables.....	45
Tabla 9. Límites de control de las variables.....	45
Tabla 10. Resumen del estudio de estabilidad de los procesos.	56
Tabla 11. Causas de variación especial de los procesos.....	57
Tabla 12. Parámetros y límites de especificación.....	59
Tabla 13. Índices de capacidad de corto y largo plazo.	60

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Control Estadístico de Procesos

En todo proceso industrial por muy bien regulado que se encuentre las variaciones siempre están presente. Los sistemas de control de producto terminado evitan la comercialización de productos defectuosos pero no eliminan las variaciones que se presentan a lo largo del proceso.

Es preciso pues identificar las causas que generan variación en el proceso para poder actuar antes que se presenten. Este es precisamente el objetivo del Control Estadístico de Procesos, detectar posibles desajustes capaces de repercutir en el nivel de calidad requerido.

El Control Estadístico de Procesos CEP es un instrumento de gestión que tienen como finalidad hacer un seguimiento de la calidad que ofrece un proceso en tiempo real mediante el estudio de variables relacionadas con la calidad del producto de interés; y en base a la prevención y minimización de la variación del proceso ayudar a establecer y asegurar los objetivos deseados, permitiendo a la vez conseguir, mantener y mejorar procesos estables y capaces (Bureau Veritas, 2010).

Los indicadores de desajuste de un proceso se obtienen a partir de la aplicación de conceptos estadísticos y gráficos que permiten valorar los cambios en los valores medios y en la dispersión de los parámetros especificados como de consigna u objetivo (Arencibia Sánchez, 2001).

Bureau Veritas (2010) establece que el Control Estadístico de Procesos produce el efecto de:

- Conocer la variación de los factores que integran un proceso.
- Prevenir los defectos.
- Reducir los costos de producción.
- Cumplir los requerimientos.

1.1.1 Variación y sus causas.

Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar establecen que los procesos siempre presentan variación ya que en el intervienen diferentes factores, así plantea que:

Factores como materiales, mano de obra, maquinaria, métodos, medición y medio ambiente aportan variación a las variables de salida del proceso en forma común o especial ya que a través del tiempo son susceptibles de desajustes, fallas, cambios, desgastes, descuidos, etc. Así, hay variaciones debido a causas comunes y a causas especiales o atribuibles. Resulta fundamental distinguir entre ambos tipos de variación para así tomar medidas adecuadas en cada caso.

Variación por causas comunes. - es aquella que permanece día a día, lote a lote y es aportada de forma natural por los diferentes factores que intervienen en el proceso. Resultan difíciles de identificar y eliminar ya que son inherentes al sistema.

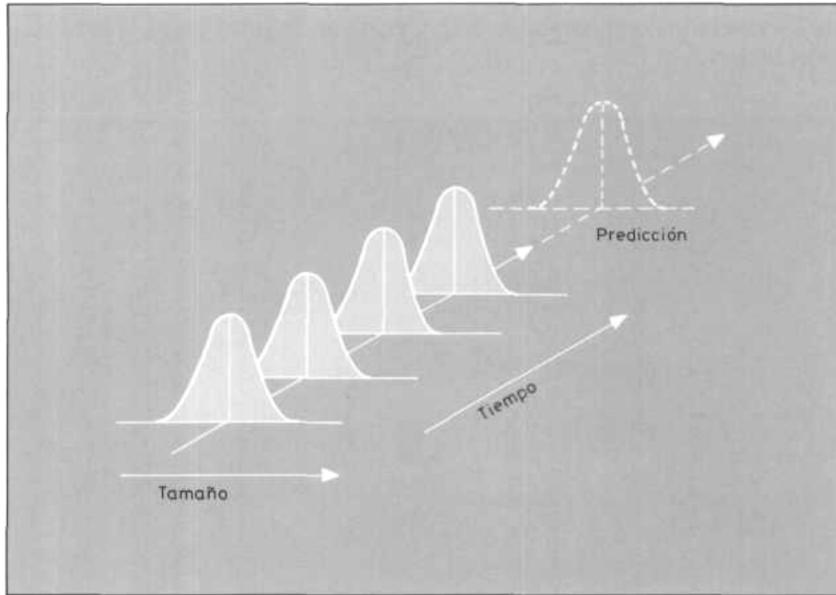


Figura 1. Representación de la variación debida a causas comunes a lo largo del tiempo. (Pola, 1993, pág. 71)

Cuando un proceso trabaja solo con causas comunes de variación se dice que está en *control estadístico* o es *estable* porque su variación a través del tiempo es predecible, en el sentido de que su tendencia central y la amplitud de su variación se mantienen sin cambios al menos en el corto plazo.

Variación por causas especiales. - son causadas por situaciones especiales que no están de manera permanente en el proceso y que por su naturaleza discreta pueden ser identificadas y eliminadas.

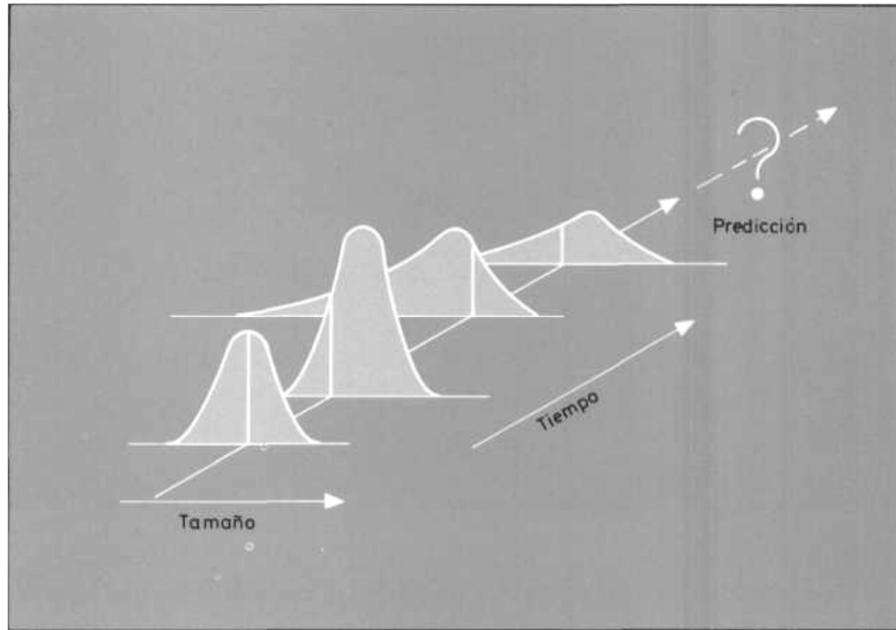


Figura 2. Variación a lo largo del tiempo debido a causas especiales. (Pola, 1993, pág. 72).

Cuando en un proceso se presentan causas especiales de variación se considera fuera de control estadístico o inestable. El comportamiento de estos procesos es impredecible, puesto que en cualquier momento pueden aparecer de nuevo las situaciones que tienen un efecto especial sobre la tendencia central o sobre la variabilidad (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009).

Bureau Veritas (2010) establece que la variación está presente en todos los procesos y los métodos esenciales de mejora de la calidad son su estudio y reducción.

1.1.2 Diagramas de control.

Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades (2006) definen el diagrama de control como un gráfico en el que se representa el comportamiento de un proceso a través del tiempo que tiene como objetivo detectar lo antes posible

cambios en el proceso que pueden dar lugar a la producción de unidades defectuosas.

Consiste en una línea central, un par de límites de control determinados estadísticamente y valores característicos marcados en el gráfico representando el estado de un proceso. En la figura 3 se indica una idea y los elementos de un diagrama de control. Si todos éstos valores marcados están dentro de los límites de control sin cualquier tendencia particular el proceso se considera bajo control, mientras que si los puntos inciden fuera de los límites de control o presentan una disposición atípica, el proceso es considerado fuera de control (Kume, 1993).

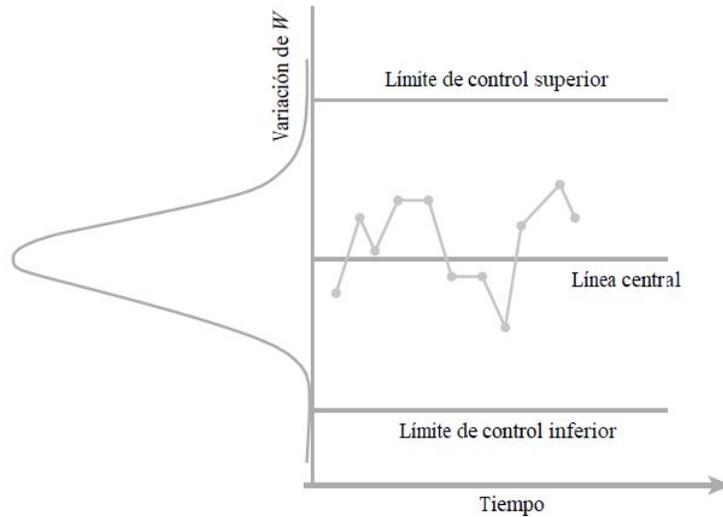


Figura 3. Idea y elementos de un diagrama de control. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009, pág. 187).

1.1.2.1 Límites de control

Para calcular los límites de control se debe partir de manera que bajo estado de control estadístico los datos que se grafican en el diagrama tengan alta probabilidad de situarse dentro de tales límites (Duncan, 1989).

Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) afirman que se obtienen a partir de la relación entre la media aritmética y la desviación estándar del estadístico W , para el caso en que W se distribuya normalmente se tiene que entre $\mu_W - 3\sigma_W$ y $\mu_W + 3\sigma_W$ se encuentra el 99,73% de los posibles valores del estadístico W , como se representa en la figura 4.

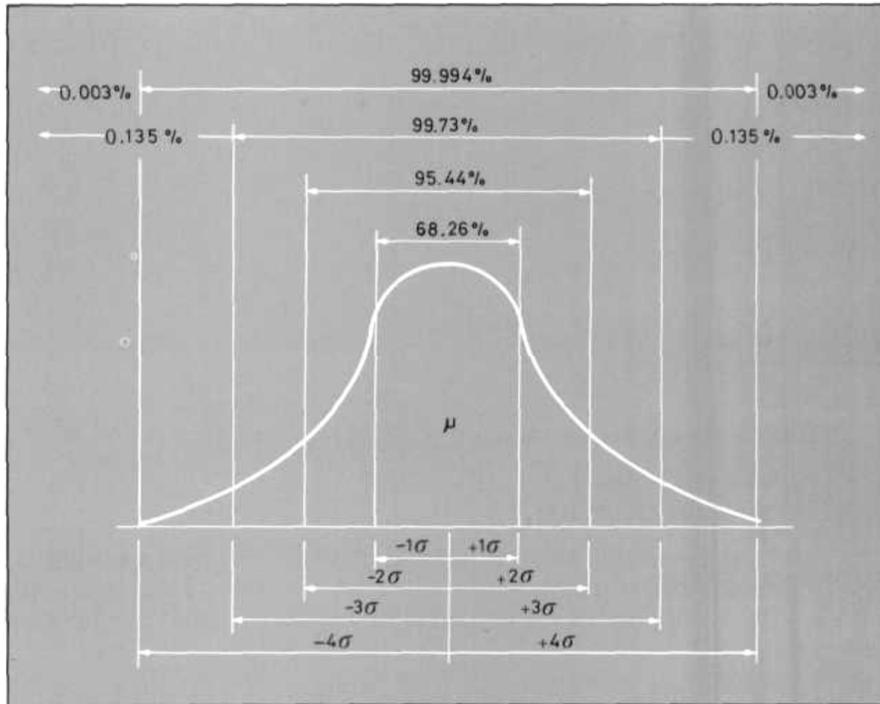


Figura 4. Porcentaje del área bajo la curva de distribución normal. (Pola Maseda, 1993, pág. 56).

Entonces si W es el estadístico que se va a graficar en el diagrama de control, μ_W su media aritmética y σ_W su desviación estándar, se tiene que el límite de control inferior, la línea central y el límite de control superior están dados por:

$$LCI = \mu_W - 3\sigma_W$$

$$\text{Línea central} = \mu_W$$

$$LCS = \mu_W + 3\sigma_W$$

1.1.2.2 Tamaño de la muestra y frecuencia de muestreo

El tamaño de las observaciones deben maximizar la diferencia entre subgrupos y minimizar la diferencia dentro de un subgrupo (Montgomery, 2007). La frecuencia de muestreo difiere de acuerdo a las características del proceso bajo estudio; pueden ser cada determinado tiempo, cada lote de producción, dos veces por turno, etc. Para Verdoy et al, (2006) una frecuencia de muestreo alta $T(1)$ tiene la ventaja de detectar antes un cambio en el proceso que una de frecuencia pequeña $T(2)$.

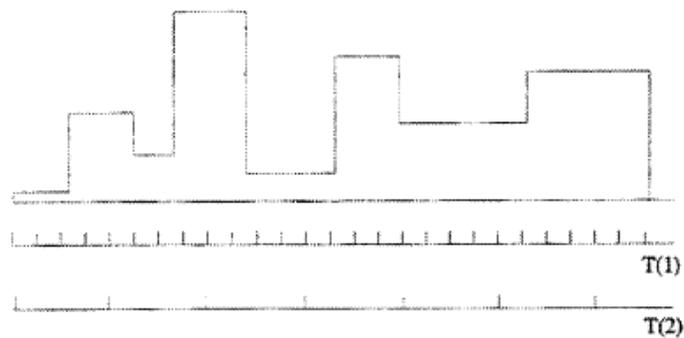


Figura 5. Frecuencia de muestreo $T(1)$ y $T(2)$ para control de la medida. (Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades, 2006, pág. 112)

1.1.2.1 Tipos de diagramas de control.

A. Diagramas de control por variables. Se aplica en el estudio de variables continuas que cuentan con un tipo de unidad de medida, por tal razón su medición se realiza de manera cuantitativa. Los principales diagramas que destacan de este tipo son:

- Diagrama de lecturas individuales (I).

- Diagrama de promedios (\bar{x}).
- Diagrama de rangos (\bar{R}).
- Diagrama de desviación estándar (σ) (Lockuán Lavado, 2012).

a. Diagrama de control $\bar{X}-R$.

Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades (2006) establecen que el CEP utilizando diagramas $\bar{X}-R$ se lleva a cabo tomando muestras de n individuos (entre dos y seis), calculando la media y el recorrido muestral y llevando estos valores a los diagramas correspondientes.

La idea consiste en tomar cada determinado tiempo un cierto número de muestras (subgrupos) resultantes de un proceso, a las que se medirá una o más características de calidad. A las mediciones de cada subgrupo se calcula la media y el rango de manera que cada determinado tiempo se tendrá una media y un rango muestral que proporciona información sobre la tendencia central y la variabilidad del proceso respectivamente (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

Límites de control para diagramas \bar{X} .

Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar señala que en el caso del diagrama \bar{X} el estadístico W que se grafica es el promedio de los subgrupos, \bar{X} , por lo que los límites de control están definidos por:

$$\mu_{\bar{X}} \pm 3\sigma_{\bar{X}}$$

donde $\mu_{\bar{X}}$ es la media de las medias de los subgrupos, $\sigma_{\bar{X}}$ la desviación estándar de las medias, que en un estudio inicial se estiman de la siguiente manera,

$$\mu_{\bar{X}} = \bar{X} \quad \text{y} \quad \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde \bar{X} es la media de las medias de los subgrupos, n es el tamaño de subgrupo y σ la desviación estándar del proceso. Sin embargo, hacerlo de esta forma incluiría variabilidad entre muestras y dentro de muestras (σ de largo plazo), y para el diagrama de \bar{X} es recomendable únicamente incluir la variabilidad dentro de muestras (σ de corto plazo). La alternativa que únicamente incluye variabilidad dentro de muestras consiste en estimar σ a través de la media de los rangos de los subgrupos \bar{R} , de la siguiente manera,

$$\sigma \approx \frac{\bar{R}}{d_2}$$

donde d_2 es una constante que depende del tamaño de subgrupo. En el apéndice se presentan varios valores de d_2 para diferentes valores de n . De esta manera, $3\sigma_{\bar{X}}$ se estima con:

$$3\sigma_{\bar{X}} = 3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \right) = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} = A_2 \bar{R}$$

Como se observa la constante A_2 ha simplificado los cálculos, misma que esta tabulada en el apéndice y depende el tamaño del subgrupo n . En base a lo anterior, los límites de control para un diagrama de control de \bar{X} , en un estudio inicial se obtienen de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

Finalmente, a pesar de que los límites de control de un diagrama \bar{X} se deducen a partir del supuesto de normalidad, si la variable estudiada no sigue una distribución normal, el diagrama \bar{X} sigue teniendo un buen desempeño para identificar cambios significativos en la media del proceso (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

Límites de control para diagramas R.

Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar establece que el diagrama R permite detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso y sus límites se definen a partir de la media y la desviación estándar de los rangos de los subgrupos. Así definen que los límites están determinados por:

$$\mu_R \pm 3\sigma_R$$

donde μ_R es la media de los rangos, y σ_R la desviación estándar de los rangos, que en un estudio inicial se estima la siguiente manera

$$\mu_R = \bar{R} \text{ y } \sigma_R = d_3\sigma \approx d_3\left(\frac{R}{d_2}\right)$$

donde \bar{R} es la media de los rangos de los subgrupos, σ la desviación estándar del proceso, d_3 es una constante que depende del tamaño de subgrupo, misma que esta tabulada en el apéndice. Como generalmente en un estudio inicial se desconoce σ , esta se puede estimar a través de $\frac{R}{d_2}$ como ya se explicó anteriormente. De manera explícita los límites de control para el diagrama R se calculan con:

$$LCS = \bar{R} + 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[1 + 3 \left(\frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{R}$$

$$LCI = \bar{R} - 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[1 - 3 \left(\frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R} = D_3 \bar{R}$$

donde las constantes D_3 y D_4 simplifican los cálculos, mismas que están tabuladas en el apéndice para diferentes tamaños de subgrupos, n (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

b. Diagramas de control para lecturas individuales I y Rangos Móviles.

Arencibia afirma que este tipo de diagrama se utiliza en procesos que debido a su constitución solo puede tomarse una medida por lote de producción o partida, así plantea que:

Tiene la ventaja de comparar directamente los valores del diagrama con los de especificación y para su construcción se siguen los mismos pasos que para los diagramas de $\bar{X} - R$, excepto que:

- Se registran las medidas individuales en lugar de las medidas muestrales.
- Se calcula el recorrido móvil entre medidas individuales a partir de la segunda muestra mediante la siguiente expresión $\overline{MR}_i = |X_i - X_{i-1}|$. La primera lectura no tiene recorrido.

Límites de control I

$$LCS_X = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} + E_2 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$LCI_X = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} - E_2 \bar{R}$$

Límites de control RM

$$LCS_R = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{R}$$

$$LCI_R = D_3 \bar{R}$$

Donde \bar{X} es la media de las lecturas individuales y \bar{R} es la media de los recorridos móviles, E_2 , D_3 y D_4 son constantes, mismas que están tabuladas en el apéndice y varían según el agrupamiento realizado para el cálculo de los recorridos móviles (Arencibia Sánchez, 2001).

B. Diagramas de control por atributos. Se utiliza en el estudio de variables de tipo discreto que carecen de algún tipo de unidad de medida, por tal razón la medición se realiza de manera cualitativa, clasificando las observaciones como aceptables o inaceptables.

Se destacan los siguientes tipos:

- Diagrama de porcentaje o fracción defectiva (\bar{p}).
- Diagrama de número de piezas defectuosas ($n\bar{p}$).
- Diagrama de número de defectos (\bar{c}).

a. Diagrama para fracción defectuosa como porcentaje \bar{p} .

Lockuán establece que el diagrama \bar{p} representa el porcentaje de fracción defectuosa de un conjunto de observaciones. Y que al carecer de algún tipo de unidad de medida se utilizan únicamente para estudiar la estabilidad del proceso más no su capacidad. Para su aplicación se establece que:

$$\bar{p} = \frac{\sum c}{\sum n} \times 100$$

Donde:

\bar{p} : Promedio de la fracción defectuosa como porcentaje

$\sum c$: Número total de piezas defectuosas.

$\sum n$: Número total de piezas inspeccionadas.

La desviación estándar de \bar{p} , para un tamaño constante de muestras, se calcula por:

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}}$$

Donde:

$\sigma_{\bar{p}}$: Desviación estándar de la fracción defectuosa como porcentaje.

\bar{p} : Promedio de la fracción defectuosa como porcentaje.

n : Número de piezas inspeccionadas por día.

Límites de control \bar{p} :

Los límites de control (con un nivel de confiabilidad de 99,73%) se calculan con la siguiente formula:

$$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}}$$

$$Linea\ Central = \bar{p}$$

$$LCS = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}}$$

1.1.2.4 Análisis de patrones.

Un diagrama de control puede indicar una condición fuera de control estadístico cuando uno o más puntos se sitúen fuera de los límites de control o

cuando los puntos graficados presenten un patrón de comportamiento no aleatorio (Montgomery, 2007).

Bertrand & Prabhakar (1990) establecen que las indicaciones más clásicas de anomalías son las siguientes:

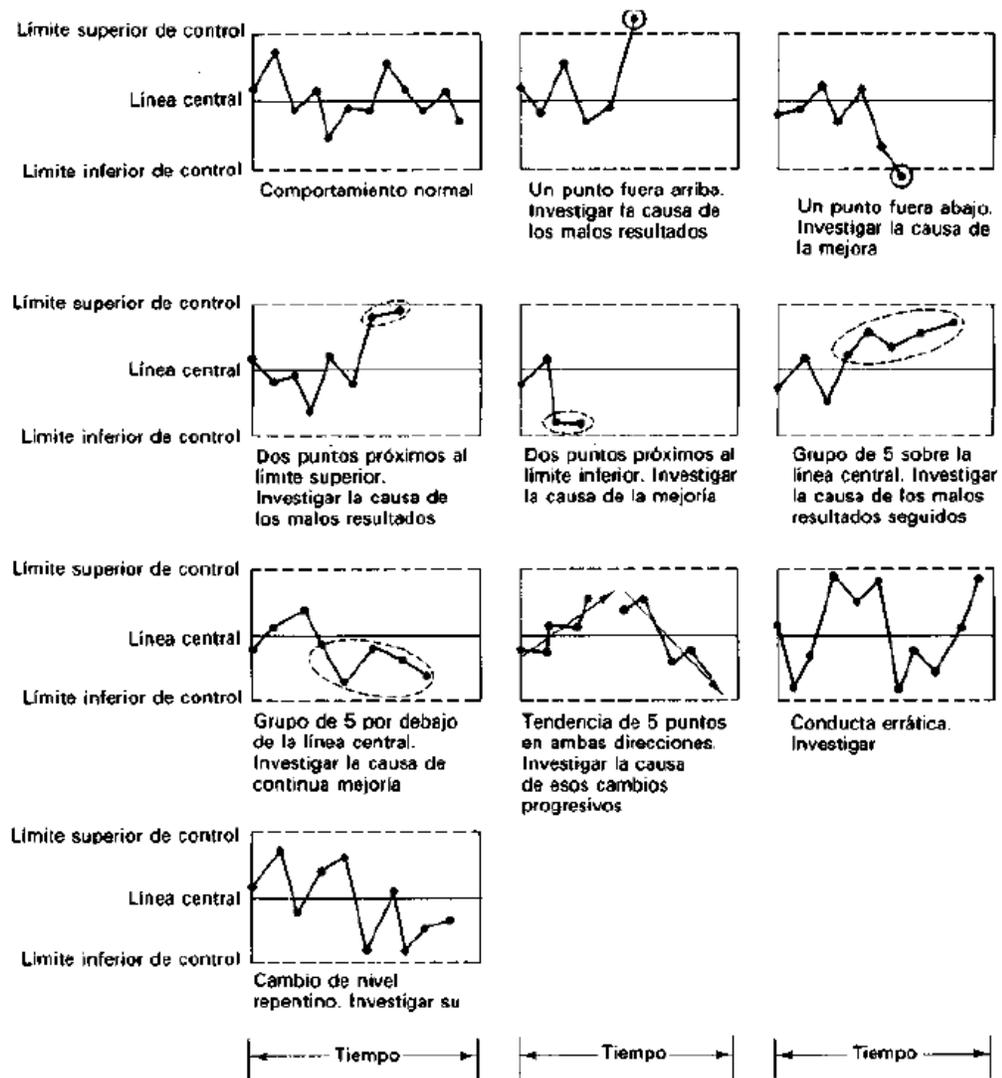


Figura 6. Gráfico de control que proporciona evidencia para investigar. (Bertrand & Prabhakar, 1990, pág. 95)

Reyes (2015) establece, para reconocer un patrón de comportamiento no aleatorio, se requiere además de conocer las técnicas estadísticas, un estrecho conocimiento del proceso; y tener cuidado de no exagerar en la aplicación de las

reglas ya que se corre el riesgo de tener muchas falsas alarmas que quitan efectividad a los diagramas de control.

1.1.3 Estudio de Capacidad.

En todo proceso industrial existen variables de salida las cuales deben cumplir ciertas especificaciones para así considerar que el proceso esta funcionando de manera satisfactoria (Gutiérrez, 2010). Pola (1993) afirma que el estudio de capacidad es una forma de comparación entre la variabilidad obtenida en fabricación de un producto y la variabilidad permitida en el diseño del mismo.

Cabe aclarar que el hecho de que un proceso se encuentre bajo control estadístico no significa que necesariamente el producto cumple con las especificaciones, ya que puede ser estable e incapaz, en el sentido de que, lo que se obtiene del proceso se encuentra fuera de las especificaciones (Bureau Veritas, 2010).

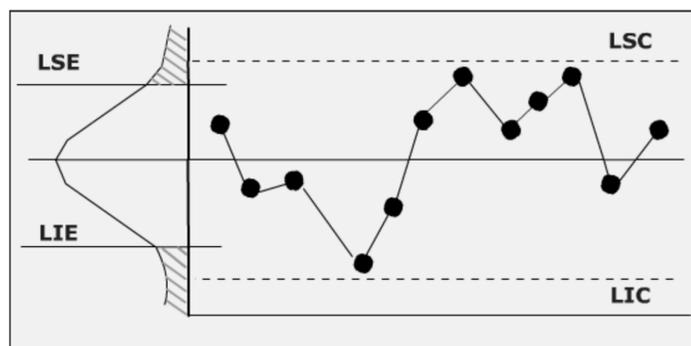


Figura 7. Límites de control para el proceso y límites de especificación. (Bureau Veritas, 2010, pág. 9)

Ishikawa (1994) establece que el estudio de capacidad del proceso desempeña un papel central en el control de calidad; debido a que toda cadena de control de calidad que implica, diseño de calidad y proceso, planificación y control de

equipos, control del proceso, y mejora; es imposible ejecutar sin el conocimiento de la capacidad del proceso.

Montgomery (2007) plantea que la aplicación del estudio de capacidad del proceso tiene los objetivos siguientes:

- Predecir que tanto cumplirá las especificaciones establecidas el proceso.
- Colaborar a los diseñadores en la selección o modificación de un proceso.
- Determinar el desempeño de un equipo nuevo.
- Seleccionar de entre diversos proveedores.
- Reducir la variabilidad de un proceso (Montgomery, 2007).

El estudio de capacidad tiene gran importancia en la implantación de programas de mejora de calidad en el ciclo de mejora continua como se indica en la figura 8, ya que en base a los resultados de capacidad se implantan las medidas correctivas necesarias para mejorarla (Pola, 1993).

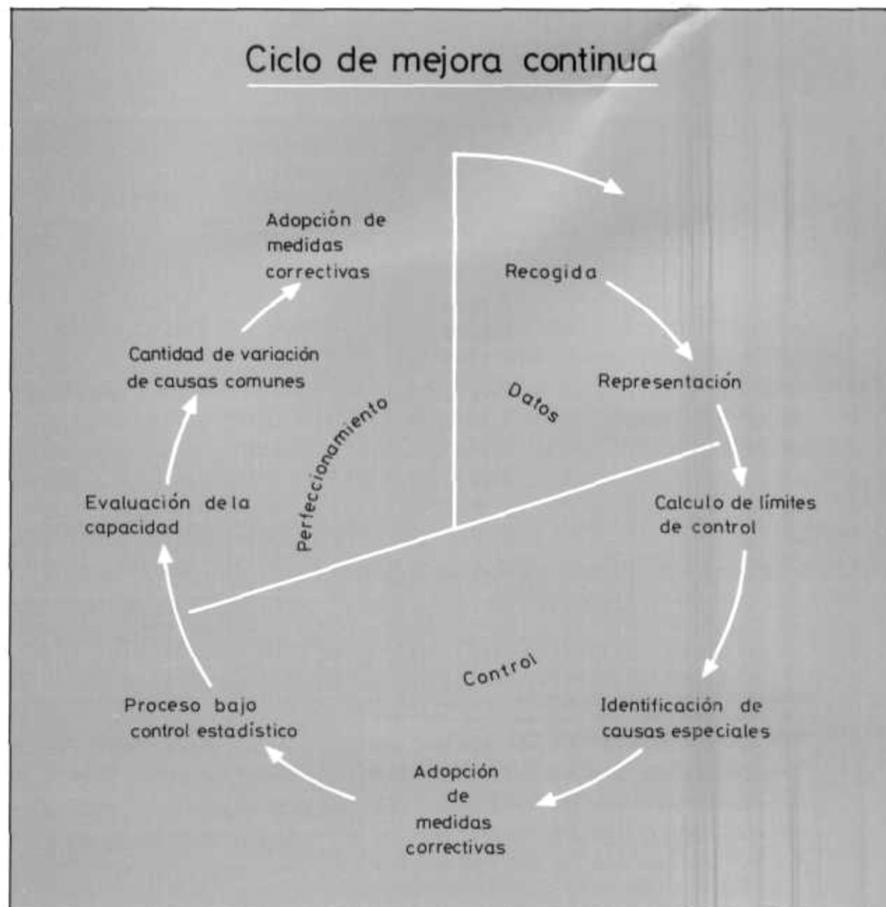


Figura 8. Ciclo de mejora continua en la aplicación del control estadístico del proceso. (Pola, 1993, pág. 98).

1.1.3.1 Índices de capacidad.

Son mediciones que permiten comparar la amplitud entre los límites de especificación con la fluctuación natural del proceso para así cuantificar la aptitud de un proceso (Barbosa, 2016).

a. Índice de capacidad potencial (Cp).

Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades afirman que indica la estreches relativa de la variación real del proceso respecto a las especificaciones de

diseño, igual a 6σ , dispuesta simétricamente alrededor del valor medio. Así definen que:

Para considerar que el proceso es potencialmente capaz se requiere que la variación real siempre sea menor que la variación tolerada. Si la dispersión coincide con las especificaciones, resulta $C_p = 1$.

Se define mediante la expresión:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, y ES y EI son las tolerancias o especificaciones de la característica de calidad.

Es frecuente utilizar el valor $C_p = 4/3 \approx 1,33$ como límite inferior de la calidad, esto implica que:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = \frac{4}{3} \rightarrow LES - LEI = 8\sigma$$

Por lo tanto, los artículos que se encuentren a más de 4σ serían considerados como defectuosos. Por esta razón se dice que:

$C_p < 1 \rightarrow$ (el proceso no es capaz)

$C_p > 1,33 \rightarrow$ (el proceso es capaz)

$1 \geq C_p \leq 1,33 \rightarrow$ (el proceso es capaz pero requiere un seguimiento estricto)

(Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades , 2006)

b. Índice de capacidad real del proceso (Cpk).

Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades, establecen que es la relación entre la menor distancia del centro de la distribución al límite del campo de

tolerancia más próximo, dividida por la mitad de la dispersión del proceso (3σ). Así definen que:

Si el valor de Cpk es igual a Cp, el proceso está centrado. Si existe desviación del centro del proceso respecto al centro del campo de especificaciones, Cpk resultara inferior a Cp.

El índice Cpk está definido por:

$C_{pk} = \text{Al valor más pequeño de entre } C_{pi} \text{ y } C_{ps}$

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad \text{y} \quad C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Si Cpk = 1, se considera un proceso capaz de producir el 99,73% de los productos dentro de especificaciones, se establece que tiene una calidad 3 sigma.

Si Cpk < 1, se considera que el proceso no es capaz de cumplir las tolerancias, se debe reducir la variabilidad.

Si Cpk > 1, se considera que el proceso es capaz de producir cuando menos el 99,73% de los productos dentro de especificaciones.

Si Cpk = 1,33, se considera que se tiene una calidad de 4 sigma y que el proceso es capaz de producir el 99,99% de los productos dentro de especificaciones.

Si Cpk = 2, se considera que se tiene una calidad correspondiente a 6 sigma y que el proceso es capaz de producir el 99,99999% de los productos dentro de especificaciones (Verdoy, Mateu Mahiques, Sagasta Pellicer, & Sirvent Prades , 2006).

c. Índice de Taguchi (Cpm).

Barbosa establece que este índice está basado en el pensamiento de G. Taguchi quien indica que:

Cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad se debe dar en torno al valor nominal. En consecuencia, Taguchi define el índice Cpm,

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Donde:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Nótese que Cpm compara la amplitud de las especificaciones con 6τ ; pero τ tiene en cuenta la variabilidad del proceso σ^2 como el centrado con $(\mu - N)^2$. A partir de ello, si el proceso está centrado $\mu = N$, Cp, Cpk y Cpm son iguales. Si $Cpm < 1$, el proceso no cumple con especificaciones, sea por centrado o exceso de variabilidad.

Si $Cpm > 1$, el proceso cumple con especificaciones, se considera que la media del proceso está dentro de la tercera parte de la banda central de las especificaciones.

Si $Cpm > 1,33$, el proceso cumple con especificaciones, se considera que la media del proceso está dentro de la quinta parte del rango de las especificaciones (Barbosa, 2016).

d. Capacidad de corto y largo plazo.

Pola establece que al estudiar la capacidad de un proceso se puede tener una perspectiva de corto y largo plazo. Así define que:

Capacidad de corto plazo: determina la variabilidad que la maquina genera en el producto, considerando que los demás factores que intervienen en el proceso permanecen constantes.

Capacidad de largo plazo: determina la variabilidad generada por todos los factores que intervienen en el proceso (Pola, 1993).

En la practica la diferencia entre capacidad de corto y largo plazo está determinada por la forma de estimar la desviación estándar (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

$$\sigma \text{ de corto plazo} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\sigma \text{ de largo plazo} = S$$

Índices Pp y Ppk: Estos índices están enfocados al desempeño del proceso a largo plazo y se calculan de forma similar al Cp y Cpk, pero usando la desviación estándar de largo plazo (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TEJIDO.

2.1 Generalidades del producto. Tejido de punto por trama jersey.

Se obtiene a partir del tricotaje realizado con una fontura de agujas en máquinas circulares de gran diámetro, está conformado por un único hilo que provee el suministro a todas las agujas y va formando mallas transversalmente de manera consecutiva. Es el tejido con el ligamento más básico de los géneros de punto, pero el segundo mayormente comercializado en Texco S.A.

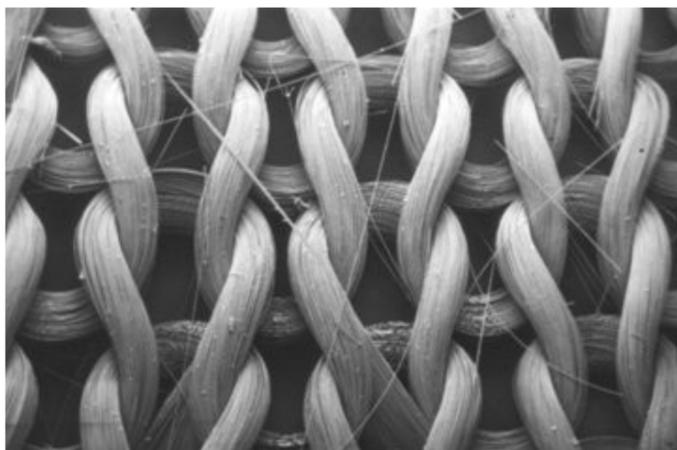


Figura 9. Vista ampliada de un tejido de punto (jersey). (Lockuán Lavado, 2012, pág. 64).

2.1.1 Características:

- Buena elasticidad en sentido vertical y horizontal.
- Tacto fino y delicado.
- Bajo peso o gramaje.

- Alto rendimiento.

2.1.1 Elementos.

Malla: se considera como la unidad básica del tejido de punto, está constituido por cabeza, lado y pie como se muestra en la figura 10.

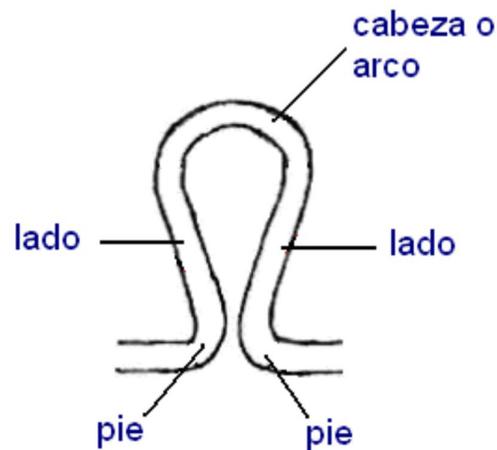


Figura 10. Partes de la malla. (Lockuán Lavado, 2012, pág. 74)

Pasada o cursa: hilera transversal de mallas formadas de manera consecutiva por las todas agujas que se encuentran trabajando e involucran una alimentación de hilo.

Columna: hilera longitudinal de mallas formadas de manera sucesiva por una misma aguja en pasadas diferentes. El número de columnas están estrechamente relacionadas con el ancho del tejido.

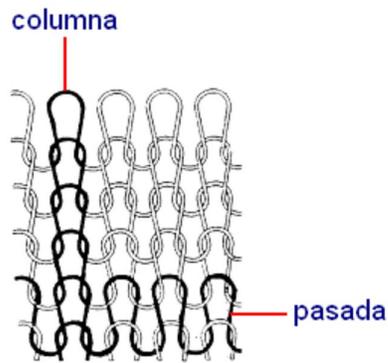


Figura 11. Columnas y pasadas en un tejido de punto por trama. (Lockuán Lavado, 2012, pág. 76)

2.2 Procesos de fabricación de tejido de punto.

En la empresa Texco S.A. la fabricación de tejido inicia con el proceso de tejeduría y finaliza con los procesos de tintorería y acabados. En este apartado se describirá brevemente cada uno de ellos.

2.2.1 Proceso de tejeduría.

El proceso de tejeduría se encarga de la producción de tejido crudo mediante la utilización de máquinas circulares de gran diámetro. La materia prima utilizada es hilo importado poli-algodón mezcla 65/35. En la figura 12 se indica la caracterización de este proceso.

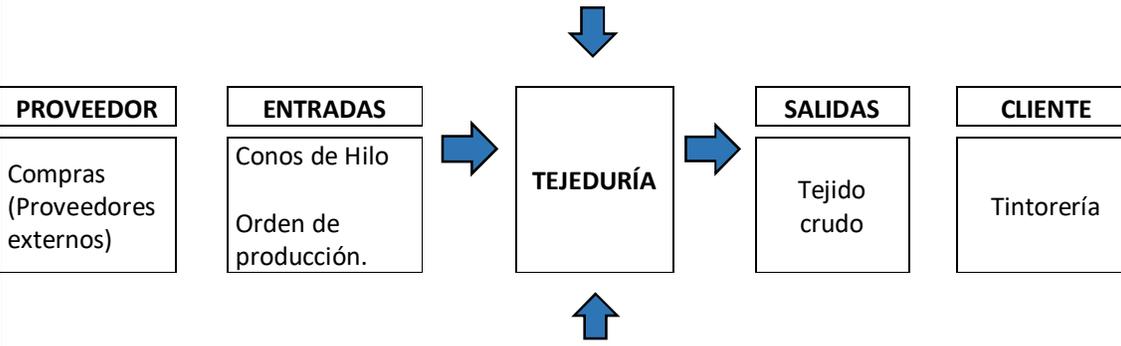
CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE TEJEDURÍA			
OBJETIVO:	Fabricar tejido de punto cumpliendo con las características de calidad requeridas.		
RESPONSABLE:	JEFE DE TEJEDURÍA		
INDICADORES			
No.	Nombre	Frecuencia	Responsable
1	Utilización	Mensual	Supervisor
2	Eficiencia		
CONTROLES			
Longitud de malla, gramaje, ancho y defectos de calidad.			
			
RECURSOS			
MANO DE OBRA:			
Jefe de tejeduría, Supervisor y Operadores			
FINANCIEROS, INFRAESTRUCTURA, MAQUINARIA, SUMINISTROS, COMUNICACIONES:			
Máquinas circulares, Agujas, Platinas, Máquina Revisadora.			

Figura 12. Caracterización del proceso de tejeduría.

De manera general, el proceso de tejeduría integra las siguientes actividades:

1. Preparación de la materia prima.
2. Alimentación del hilo.
3. Programación de parámetros de trabajo de la máquina.
4. Fabricación del tejido.

5. Identificación y medición del peso del rollo.
6. Registro de la producción.
7. Revisión visual y registro de defectos.
8. Medición de características de calidad.
9. Almacenamiento de rollos producidos.

2.2.2 Proceso de tintorería.

Procesos físico químicos que permiten al tejido crudo adquirir un color y determinadas características de acuerdo a los requerimientos de calidad exigidos. El proceso de tintorería comprende los subprocesos de tintura y acabado.

Tintura: proceso encargado de transferir y distribuir homogéneamente el colorante en el tejido mediante la adsorción y fijación del colorante sobre las fibras que integran el sustrato. Para garantizar un óptimo resultado es conveniente realizar procesos de preparación del sustrato como descrude y blanqueo.

Acabado: tiene como finalidad secar el tejido y proporcionarle características que se ajusten a los requerimientos del cliente. Está conformado por los procesos de impregnación y/o exprimido, secado y compactado.

- **Impregnado y/o exprimido:** proceso que se encarga de realizar un suavizado al tejido y eliminar determinada cantidad de agua de acuerdo al pick-up requerido.

- **Secado:** proceso que tiene como función secar el tejido mediante la aplicación de temperatura y presión de vapor, alcanzando de esta manera el contenido de humedad natural de las fibras contenidas en el tejido. Es importante mantener una correcta programación del proceso para evitar problemas de exceso o falta de secado que repercutirían en la calidad del tejido resultante.

- **Compactado:** proceso que se encarga de realizar un pre encogimiento en el tejido, aumentando de esta manera la estabilidad dimensional del mismo mediante la aplicación de fuerzas mecánicas y vapor de agua. Esto lógicamente hace que el tejido pierda longitud pero gane estabilidad, resistencia y peso.

En la figura 13 se muestra la caracterización de este proceso.

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO			
OBJETIVO:	Tinturar tejido crudo y ejecutar los acabados necesarios para que el tejido cumpla con los requerimientos de calidad.		
RESPONSABLE:	JEFE DE TINTORERÍA.		
INDICADORES			
No.	Nombre	Frecuencia	Responsable
1	Utilización	Mensual	Supervisor
2	Eficiencia		
CONTROLES			
Tonalidad, pick-up, contenido de humedad, ancho, gramaje, rendimiento, encogimiento, solidesces.			
RECURSOS			
MANO DE OBRA:			
Jefe de tintorería, Jefe de Laboratorio, Supervisor y Operadores.			
FINANCIEROS, INFRAESTRUCTURA, MAQUINARIA, SUMINISTROS, COMUNICACIONES:			
Tintoreras, Hidroextractora, Secadora, Compactadora, Equipos de Laboratorio, Colorantes, Material Químico, Caldero.			

Figura 13. Caracterización del proceso de tintorería.

De manera general, el proceso de tintorería y acabados integra las siguientes etapas:

1. Preparación de tela.

2. Tintura.
 - I. Descrude y blanqueo.

 - II. Neutralizado.

 - III. Tintura.

 - IV. Jabonado

 - V. Neutralizado.

 - VI. Enjuague.

 - VII. Fijado

3. Impregnación y/o exprimido
 - I. Suavizado

4. Secado.

5. Compactado

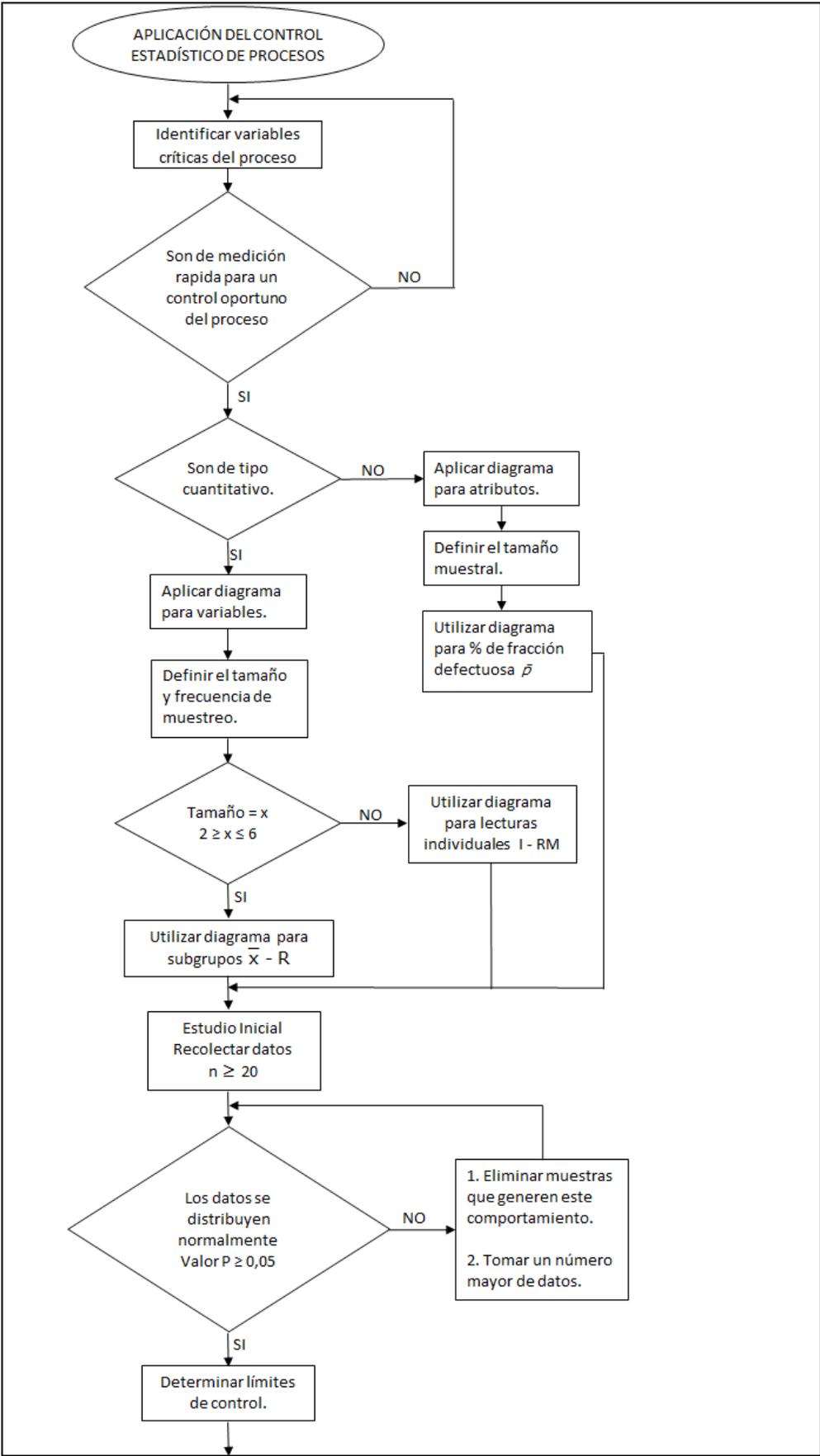
CAPITULO IV

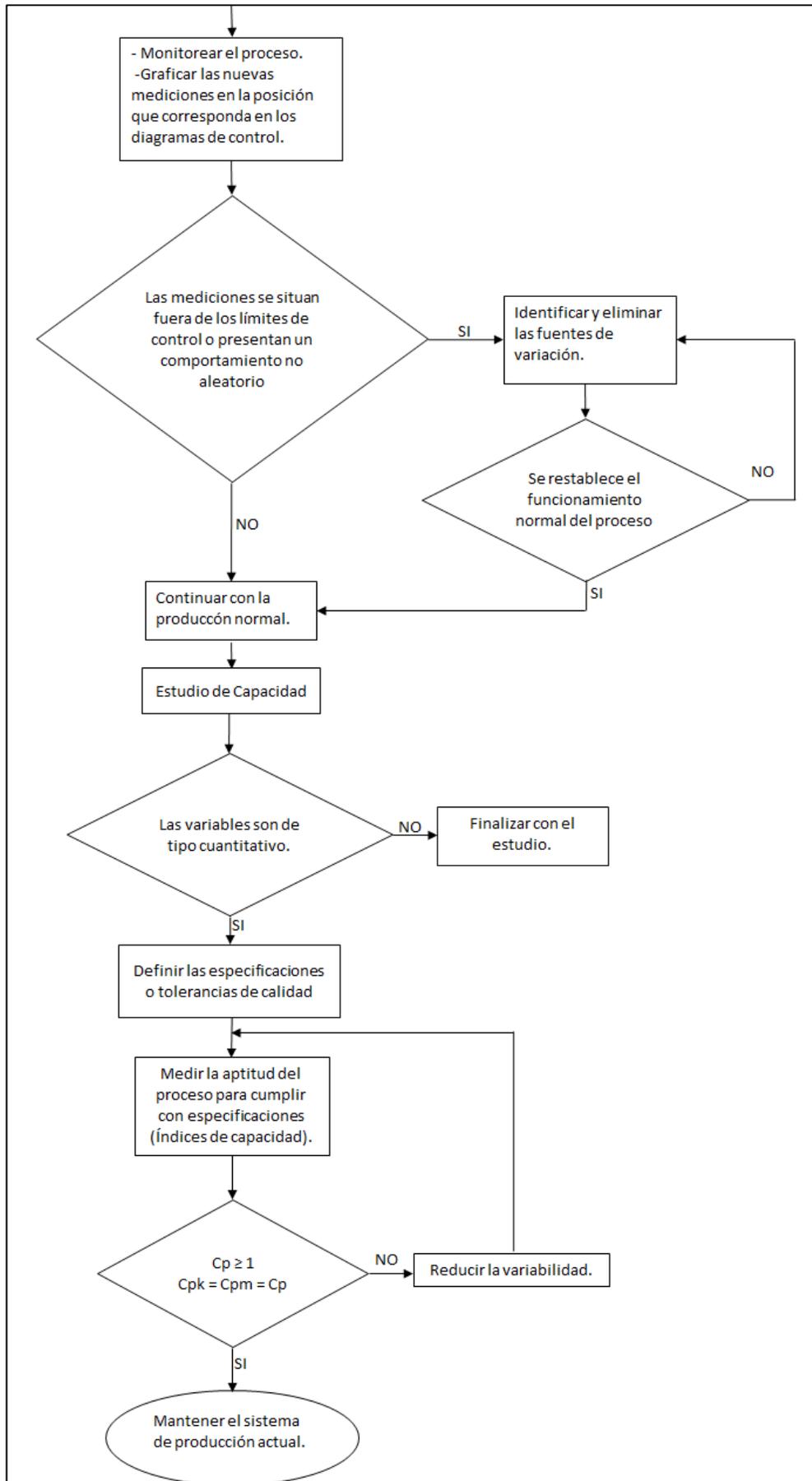
ESTUDIO INICIAL

3.1 Estado Actual.

Al ser la calidad un factor determinante al momento de comercializar el tejido y satisfacer al cliente, es fundamental utilizar mecanismos que permitan controlar los procesos para así asegurar y garantizar la calidad. Texco S.A. actualmente no utiliza ningún tipo de herramienta estadística para el control de sus procesos, enfocándose principalmente en la inspección de tejido terminado para evitar que piezas defectuosas lleguen al cliente, lo cual no resulta productivo ni rentable para la empresa.

En el siguiente apartado se presenta un flojograma de la metodología utilizada para aplicación del Control Estadístico de Procesos.





3.2 Determinación de las variables de control.

El primer paso para la aplicación de un control estadístico de procesos es la elección de las variables de control que serán parte del análisis, puesto que su medición implica tiempo y costos; es recomendable optimizar recursos y establecer cuales tienen mayor relevancia al momento controlar los procesos y prevenir defectos.

Existen varios parámetros de calidad que pueden ser medidos a los géneros de punto pero gran parte de ellos son innecesarios pues no contribuyen en el control y detección de problemas en los procesos.

En la tabla se presenta un cuadro comparativo de las variables de control actual con respecto a las variables propuestas.

Tabla 1. Proceso de control de calidad actual vs propuesto.

PROCESO	VARIABLES	ACTUAL	PROPUESTO
Tejeduría	Ancho		
	Gramaje	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Densidad de columnas		
	Densidad de pasadas		
	Longitud de malla		<input checked="" type="checkbox"/>
	Factor de cobertura		
	Defectos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tintorería	Tonalidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Impregnación y/o exprimido	Pick-up		<input checked="" type="checkbox"/>
Secado	Contenido de humedad		<input checked="" type="checkbox"/>
Compactado	Ancho	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Gramaje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Rendimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Encogimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	

Las condiciones de relajación, condiciones ambientales y método de manipulación al que es expuesto el tejido crudo hacen que la medición de algunas variables en este estado no sea del todo confiable (ancho, densidad y gramaje), por tal razón la propuesta de control omite parámetros que en la teoría se practican. Se propone únicamente la medición de la longitud de malla, por la facilidad de medición, sensibilidad para detectar cambios en el proceso e influencia directa sobre características del tejido como ancho, gramaje, densidad de mallas, encogimiento y factor de cobertura, como se especifica en el apartado referente a la longitud de malla en la tabla 2, lo cual de alguna manera sustituye la medición de dichas variables.

De igual forma se omite la medición del rendimiento en tejido terminado, puesto que se obtiene de la relación entre el ancho y gramaje, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (m/kg)} = \frac{500}{\text{Ancho tubular (m)} \times \text{gramaje (g/m}^2\text{)}}$$

Por tal razón, si se controla el ancho y gramaje no es necesario monitorear el rendimiento.

3.2.1 Longitud de malla.

Parámetro determinante en las características y propiedades del tejido. Corresponde a la longitud de hilo que tiene un bucle, comúnmente se expresa en cm. Texco S.A. tiene como tolerancia de aceptación +/- 2 % de variación con respecto al valor objetivo.

Tabla 2. Relación longitud de malla con las características y propiedades del tejido.

> Longitud de Malla	< Longitud de Malla
Menor densidad	Mayor densidad
Menor gramaje (g/m ²)	Mayor gramaje (g/m ²)
Mayor elasticidad	Menor elasticidad
Mayor encogimiento	Menor encogimiento
Menor estabilidad dimensional	Mayor estabilidad dimensional
Mayor ancho	Menor ancho
Menor factor de cobertura	Mayor factor de cobertura

La longitud de malla al estar directamente relacionado con los parámetros señalados en la tabla 2, su medición simplifica el estudio de dichos parámetros.

3.2.2 Defectos (Puntaje)

Esta variable corresponde a la revisión visual del tejido y asignación de puntaje a los defectos observados en un rango de 1 a 4 según el tamaño del mismo, como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3. Sistema de calificación. Método de los cuatro puntos.

Longitud del defecto	Nro. de puntos
0 - 3"	1
3 - 6"	2
6 - 9 "	3
9 - a más "	4

El sistema utilizado es el método de los cuatro puntos, mismo que para la calificación establece que:

- Los tipos de defectos evaluados son: defectos de tejido, manchas en general (aceite, grasa, teñido, etc.).

- Máximo cuatro puntos / yarda lineal.
- La calidad se expresa en número de puntos negativos / 100 yardas lineales (91,4 m) de longitud, en la siguiente escala.

Tabla 4. Niveles de calidad. Método de los cuatro puntos.

Calidad	Máximo de puntos negativos / 100 yd
A	50
B	55
C	60
D	65

Texco S.A. tiene como tolerancia de aceptación máximo 55 puntos negativos / 100 yd, se rechazan las piezas de calidad C y D.

3.2.3 Tonalidad

Corresponde a la evaluación de la diferencia de color que existe entre la muestra patrón y la muestra procesada; existen equipos especializados en la medición de este parámetro de manera cuantitativa como el sistema CIELAB que evalúa la diferencia de color ΔE mediante el equipo espectrofotómetro. Texco S.A. no cuenta con un equipo especializado de este tipo, únicamente se mide de manera subjetiva mediante simple comparación visual, no tiene la misma precisión pero permite controlar el proceso de alguna manera.

La evaluación y registro de las mediciones se realizan de manera cualitativa, es decir del total de muestras observadas, se registra el porcentaje de muestras rechazadas según se considere por simple observación. Al carecer de unidades de medida no cuenta con una tolerancia establecida por ende solo es posible medir la variabilidad del proceso más no la capacidad.

3.2.4 Pick-up

Variable que corresponde a la cantidad de suavizante depositado en el tejido una vez que es sometido al proceso de impregnación y/o extracción, es decir mide el porcentaje de humedad que tiene la tela con respecto a su peso seco. La tolerancia aceptable es de $75\% \pm 5\%$. Se expresa con la fórmula:

$$\%Pick - up = \frac{Peso Humedo - Peso Seco}{Peso Seco} \times 100$$

3.2.5 Contenido de humedad.

Variable que corresponde a la cantidad de humedad que tiene el tejido con respecto a su peso seco. Se mide una vez que el tejido es sometido al proceso de secado y la tolerancia de aceptación se fundamenta en el regain estándar de las fibras, valores que se presentan en la tabla 5. Es una variable importante a considera ya que tiene influencia en el peso, aspecto y tacto del tejido.

Se expresa con la fórmula:

$$\% Contenido de Humedad = \frac{Peso Humedo - Peso Seco}{Peso Seco} \times 100$$

Tabla 5. Regain estándar de las fibras.

Fibra	Regain Estándar (%)
Viscosa	14
Lana	16
Algodón	8
Seda	11
Acrílica	2
Poliamida	4
Poliéster	0,4
Polietilénica	0,5

Texco S.A. al trabajar con hilo poliéster/algodón mezcla 65/35 % respectivamente, el regain estándar se determina mediante la siguiente formula:

$$\%Regain = \frac{(\%R Co \times \% Mezcla) + (\%R Pes \times \%Mescla)}{100}$$

$$\%Regain = \frac{(0,4 \times 65) + (8 \times 35)}{100} = 3,06\%$$

En base a lo anteriormente expuesto se establece un contenido de humedad objetivo de 3,06 % con una tolerancia de $\pm 0,5\%$.

3.2.6 Ancho

Corresponde a la medida de la distancia transversal de la pieza tejida expresada en metros o centímetros, Texco S.A. tiene como tolerancia de aceptación +/- 2 cm de variación, exigencia determinante en el corte de piezas para la confección.

3.2.7 Gramaje

Corresponde al peso que tiene el tejido por unidad de área expresados en g/m^2 , es una variable muy importante a controlar por el hecho de que los tejidos se comercializa en función del peso; por tal razón Texco S.A. tiene como tolerancia de aceptación $\pm 7\%$ de variación con respecto al valor objetivo.

3.3 Tamaño y frecuencia de muestreo.

Texco S.A. al ser una empresa nueva con apenas dos años de trayectoria en el mercado nacional ecuatoriano, no cuenta con certificación de algún tipo de norma para la gestión y control de sus procesos, por tal razón se han establecido procedimientos y estándares propios de la empresa para controlar la calidad. En la tabla se presenta el tamaño, frecuencia de muestreo y el tipo de diagrama de control a utilizar para cada variable.

Tabla 6. *Tamaño muestral, frecuencia de muestreo y tipo de diagrama de control.*

PROCESO	VARIABLE	TAMAÑO	FRECUENCIA	DIAGRAMA DE CONTROL
Tejeduría	Longitud de malla	4	C/Rollo	$\bar{x} - R$
	Defectos	1	C/Rollo	I -RM
Tintorería	Tonalidad	20	C/Orden de Producción	\bar{p}
Impregnación y/o exprimido	Pick-up	1	C/Orden de Producción	I -RM
Secado	Contenido de humedad	1	C/Orden de Producción	I -RM
Compactado	Ancho	1	C/Orden de Producción	I -RM
	Gramaje	1	C/Orden de Producción	I -RM

El tamaño y frecuencia de muestreo son determinados de acuerdo a las características de funcionamiento de los procesos. Mientras que el diagrama de control depende del tipo de variable y tamaño de la muestra.

3.4 Toma y análisis de datos.

El primer paso para la construcción de un gráfico estadístico de control es la recolección de datos, mismos que deben provenir de una población aproximadamente normal. En el Anexo B se indica los datos recolectados durante un periodo estable.

Después de tener un grupo de datos para la etapa inicial, es necesario comprobar la normalidad de las muestras, para la realización de este proyecto se propuso la utilización del programa estadístico Minitab 17. El test de normalidad para cada una de las variables se presenta en el Anexo C.

El test de normalidad consiste en determinar si las frecuencias acumuladas del conjunto de datos correspondientes a una variable se distribuyen de manera consistente.

El programa Minitab 17 determina la normalidad del conjunto de datos mediante los estadísticos de Anderson Darling y de Kolgomorov- Smirnov, este último a partir del Valor P. La manera de interpretar estos estadísticos es la siguiente:

Anderson Darling

Establece que de superar los valores críticos más utilizados se rechaza la hipótesis nula (H_0) o de normalidad, a un determinado nivel de confianza o significancia.

- SI $AD > 1,029$ se rechaza la H_0 , para un nivel de confianza de 99%.
- SI $AD > 0,870$ se rechaza la H_0 , para un nivel de confianza de 97,5%.
- SI $AD > 0,751$ se rechaza la H_0 , para un nivel de confianza de 95%.
- SI $AD > 0,632$ se rechaza la H_0 , para un nivel de confianza de 90%.

Kolgomorov-Smirnov

Establece que si el valor P es mayor al nivel de prueba se acepta que los datos siguen una distribución normal. Por ejemplo, $p > 0,05$ corresponde para un nivel de significancia del 95%)

El resumen de los resultados de la prueba de normalidad del estudio inicial se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resumen de resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling y Kolgomorov- Smirnov

VARIABLE	AD	Valor P
Longitud de malla	0,37	0,418
Defectos	0,88	0,021
Tonalidad	0,73	0,049 \approx 0.05
Pick-up	0,35	0,445
Contenido de humedad	0,42	0,305
Ancho	0,56	0,131
Gramaje	0,62	0,093

Los resultados de las pruebas de normalidad tanto de Anderson-Darling como de Kolgomorov-Smirlov determinan que los datos recolectados para el estudio inicial correspondientes a las variables longitud de malla, tonalidad, pick-up, contenido de humedad, ancho y grama se distribuyen normalmente con un nivel de confiabilidad del 95%; a diferencia de la variable defectos que no presenta una distribución normal de los datos con un Valor $P=0,021$.

De existir observaciones que generen un comportamiento no normal es factible eliminar las muestras del conjunto de datos, puesto que al ser un estudio inicial correspondiente a un hecho pasado no es posible identificar las causas que generaron este comportamiento. De no omitirse estas observaciones generaría errores al momento de estimar los límites de control ya que no reflejan la realidad del proceso. Es factible también tomar un número superior de datos ya que a mayor cantidad de muestras se aumenta la probabilidad de que estos se distribuyan normalmente.

En base a lo expuesto se procede a tomar un número mayor de datos para la variable defectos, mismos que se presentan en el Anexo B. Para posteriormente realizar una nueva prueba de normalidad que se presenta en el Anexo C. De lo cual se determinó un Valor $P=0,079$ aceptándose la hipótesis nula para un nivel de confianza del 95%.

3.5 Caracterización de la producción.

Este apartado consiste en determinar los parámetros del proceso, mediante el cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión del conjunto de datos

recabados, para posteriormente establecer los límites de control para cada una de las variables.

El método utilizado para determinar las medidas de tendencia central, dispersión y límites de control para cada variable, se detallan en el Anexo D.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los parámetros de cada una de las variables críticas.

Tabla 8. Parámetros de las variables.

VARIABLE	M. Tendencia Central			M. Dispersión		
	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	\bar{p}	\overline{MR}	\bar{R}	$\sigma_{\bar{p}}$
Longitud de malla	-	0,313	-	-	0,011	-
Defectos	3,80	-	-	1,872	-	-
Tonalidad	-	-	10	-	-	6,71
Pick-up	50,39	-	-	6,816	-	-
C. Humedad	1,496	-	-	0,548	-	-
Ancho	0,908	-	-	0,012	-	-
Gramaje	190,2	-	-	5,693	-	-

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los límites de control calculados para cada una de las variables.

Tabla 9. Límites de control de las variables.

VARIABLE	Límites de control Media			Límites de Control Rango		
	LCS	LC	LCI	LCS	LC	LCI
Longitud de malla	0,321	0,313	0,305	0,025	0,011	0
Defectos	8,78	3,8	0	6,115	1,872	0
Tonalidad	30,125	10,00	0	-	-	-
Pick-up	68,516	50,386	32,255	22,267	6,816	0
C. Humedad	2,954	1,496	0,037	1,791	0,548	0
Ancho	0,938	0,908	0,877	0,038	0,012	0
Gramaje	205,36	190,26	175,07	18,598	5,693	0

CAPITULO IV

APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO

4.1 Generalidades

Una vez culminado la fase preliminar de caracterización de los procesos, donde se han determinado los parámetros propios para cada variable, se continúa con la fase de aplicación del control o monitoreo de las variables.

En esta etapa se registran y grafican las nuevas mediciones en el diagrama de control correspondiente a cada variable, donde se controla que no se encuentren fuera de los límites de control o presente un comportamiento no aleatorio que indique la presencia de una causa especial de variación que será necesario descubrir y eliminar. En este caso el supervisor u operario del proceso deberá suspender el desarrollo del mismo e investigar la o las causas que provocaron el desajuste del proceso. Una vez corregido el problema se puede reanudar con la producción normal.

Para la realización del monitoreo de las variables en Texco S.A., se diseñó un formato en el programa Microsoft Excel que grafica automáticamente las mediciones en la ubicación que corresponda en el diagrama de control, esto durante el periodo de tiempo que se desee controlar. Revisar Anexo E.

4.2 Resultados en el Periodo de Control.

Las mediciones corresponden a la etapa en que se aplicó el control estadístico entre el 1 de abril al 30 de octubre del 2017. Comprobando de esta manera la efectividad de los diagramas de control para monitorear el proceso.

En el Anexo F se presenta el formato utilizado y las mediciones correspondientes a la etapa de control o monitoreo de los procesos.

A continuación, se presentan los resultados de estabilidad obtenidos de cada una de las variables estudiadas.

Longitud de Malla

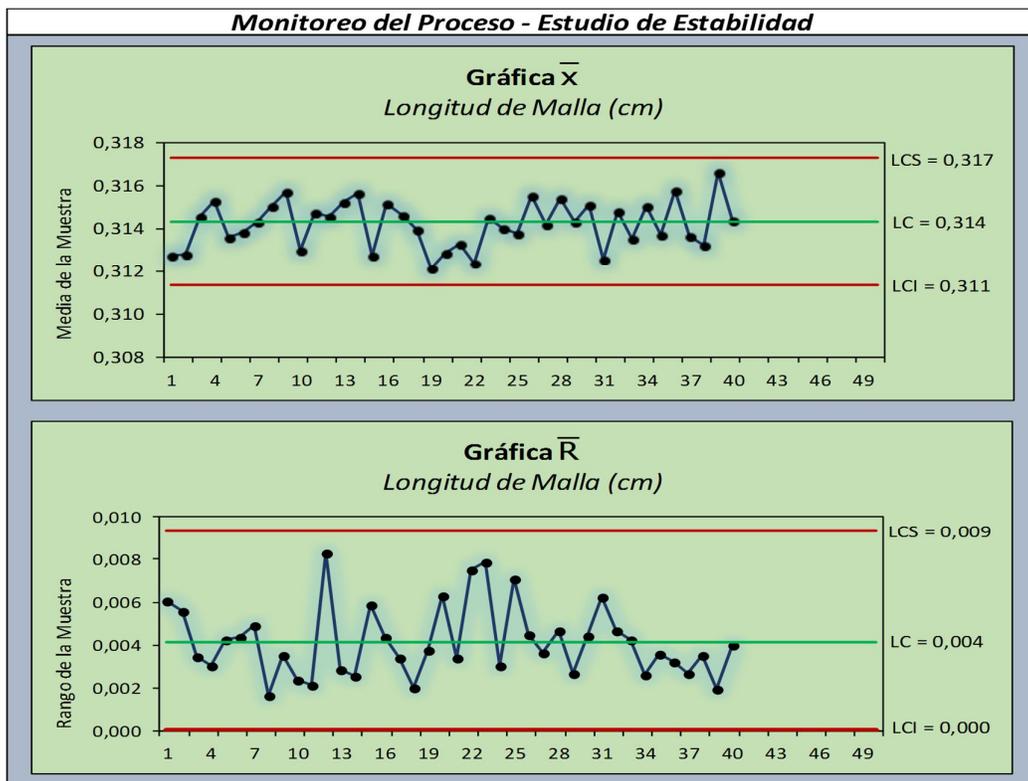


Figura 14. Diagramas de control. Longitud de malla.

Esta variable permite monitorear el proceso de tejeduría, corresponde a la medición de la longitud de hilo necesaria para formar un bucle. Este parámetro es muy importante y crítico en el producto final, ya que determina las características principales que tendrá el tejido.

La media del proceso presenta un comportamiento estable con una distribución de los datos dentro de los límites de fluctuación natural del proceso, con pocos puntos cerca de los límites de control, pero ninguno fuera de ellos.

De igual manera la dispersión del proceso presenta una distribución estable sin la presencia de causas asignables de variación que indiquen un desajuste en el proceso.

Defectos

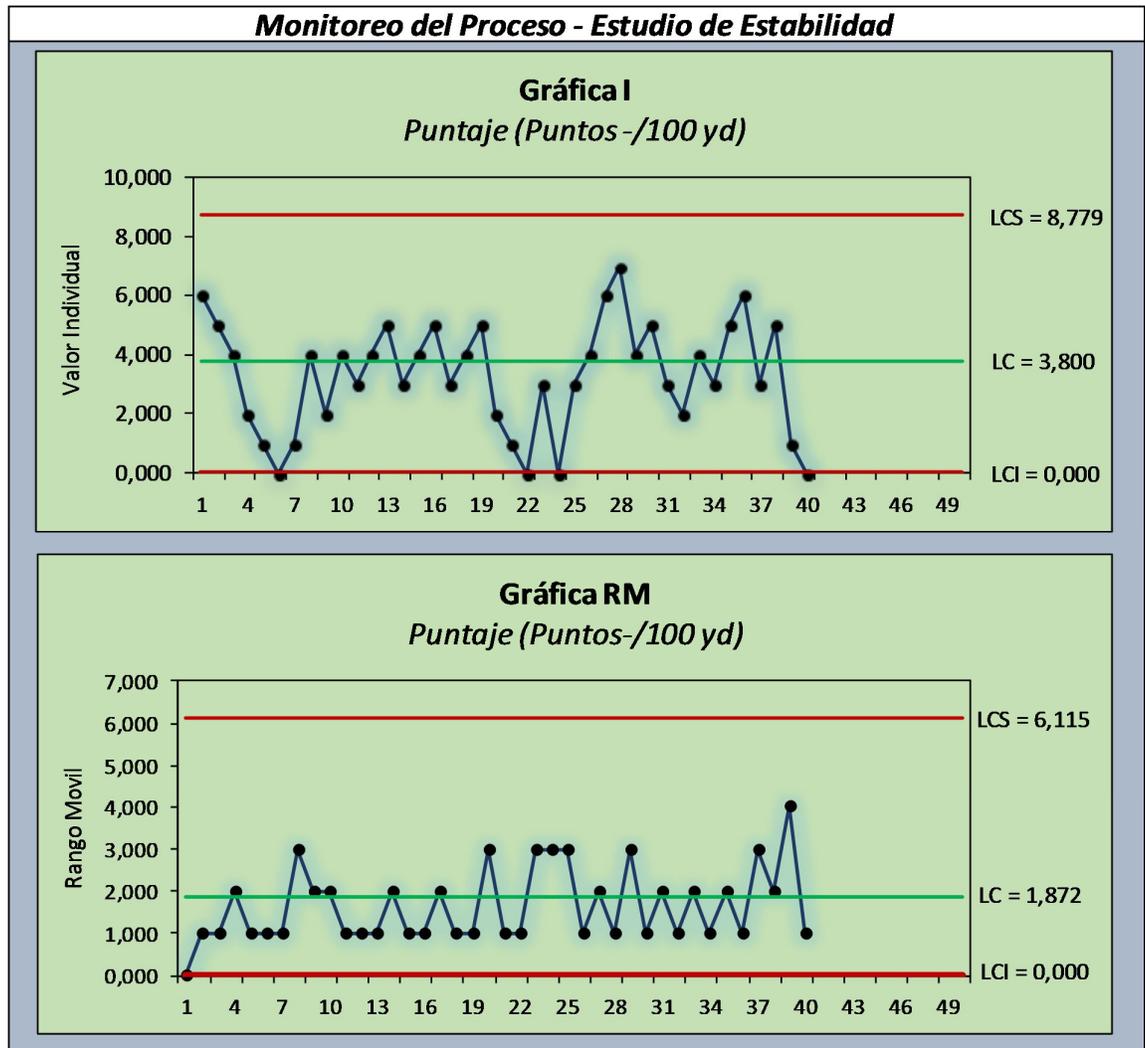


Figura 15. Diagramas de control. Defectos (Puntaje)

Esta variable de igual manera se mide en el proceso de tejeduría para verificar la cantidad de defectos que presentan los rollos procesados. Esta variable incide en el nivel de calidad que tiene el rollo para su comercialización.

La variable en parte del proceso presenta un comportamiento no aleatorio ascendente en su media tendiendo, se establece que la posible causa es por un aumento en la velocidad de trabajo de la máquina e irregularidades en el hilo utilizado, esto debido a que la velocidad excesiva y la presencia de partes gruesas

del hilo disminuyen la precisión de la máquina favoreciendo en la formación de huecos o defectos en el tejido.

Al disminuir la velocidad se restablece el proceso provocando un descenso progresivo en las posteriores mediciones. Existen observaciones situadas cerca del límite de control inferior, pero al ser mediciones de defectos son interpretadas positivamente, puesto que indican que la presencia de defectos disminuye o se suprime.

El rango de las observaciones presenta un comportamiento estable o bajo control estadístico, sin la presencia de causas especiales de variación.

Tonalidad

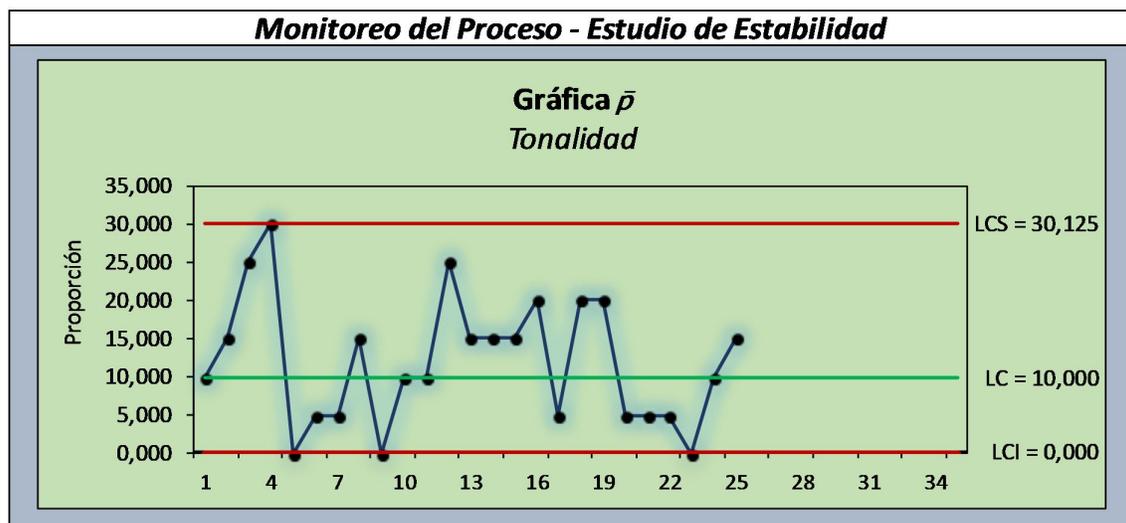


Figura 16. Diagrama de control. Tonalidad

Esta variable se analiza en el proceso de tintorería para comprobar si la tonalidad del color obtenido corresponde al solicitado por el cliente. De no cumplir con este parámetro existe la posibilidad de reprocesar la orden de producción, esto si el problema es corregible, caso contrario se destina a tonos oscuros o negros y se

reemplaza la orden por una nueva, lo cual debe ser considerado ya que no es productivo ni rentable para la empresa.

La variable inicialmente presenta un comportamiento no aleatorio con tendencia ascendente acercándose al límite de control superior, lo que indica un aumento de órdenes de producción defectuosas o fuera del tono, las posibles causas es debido a la falta de verificación del pH en el baño de tintura y peso equivoco de colorantes.

Pick-up

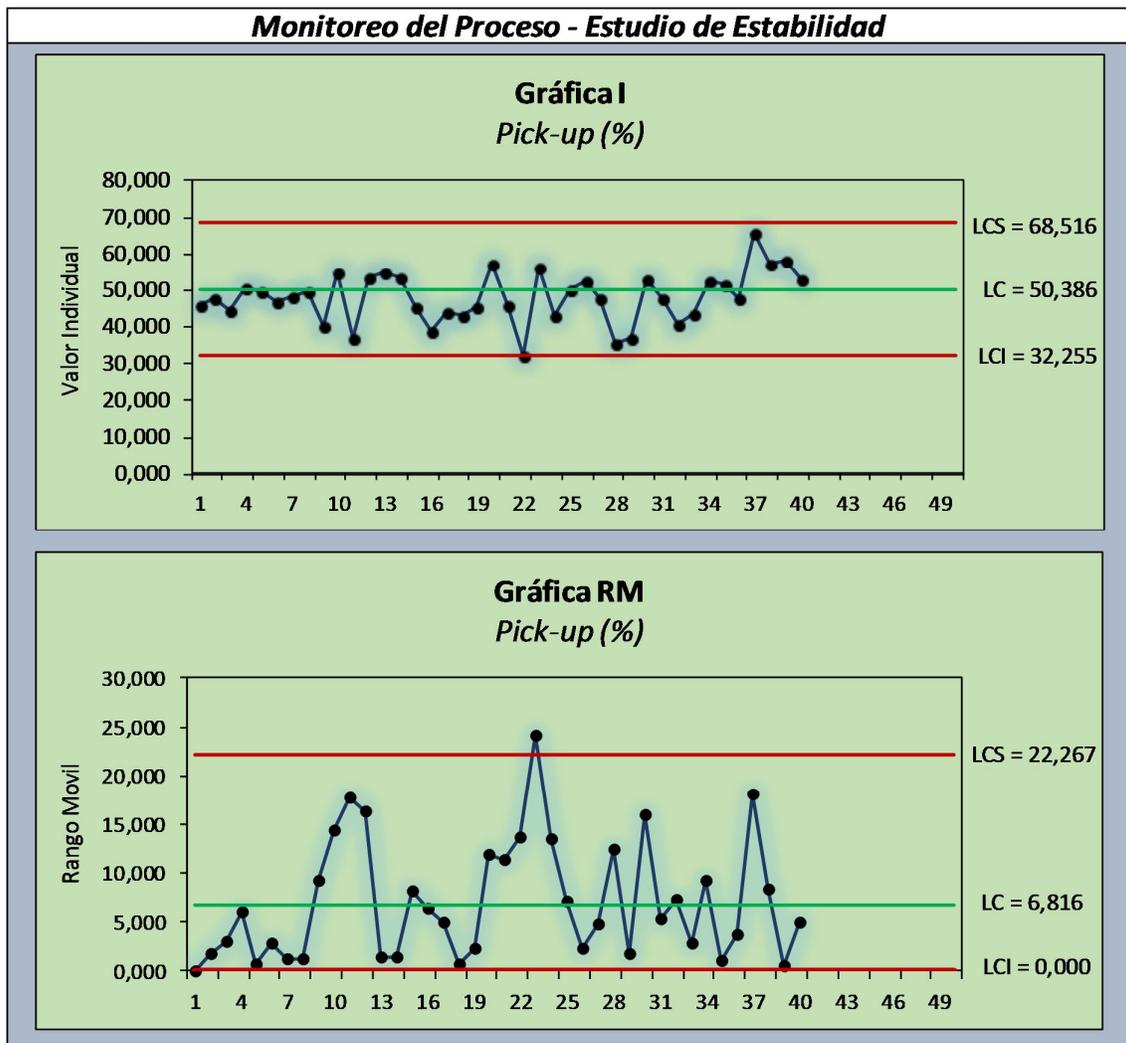


Figura 17. Diagramas de control. Pick-up

Esta variable controla el proceso de impregnación y/o extracción, siendo de vital importancia puesto que influye en la calidad de suavizado. La media del proceso presenta un comportamiento estable con un único punto sobre el límite inferior de control, esto posiblemente por aumento de presión en los rodillos de extracción por regulación del operario a cargo, lo que genera una extracción excesiva del suavizante.

El diagrama de rangos presenta excesiva variabilidad en las observaciones, con un único punto fuera de los límites de fluctuación natural del proceso, esto posiblemente a que los parámetros de presión y aire con los que trabaja la máquina hidroextractora difieren de una orden de producción a otra ya sea entre turnos u operadores.

Contenido de humedad.

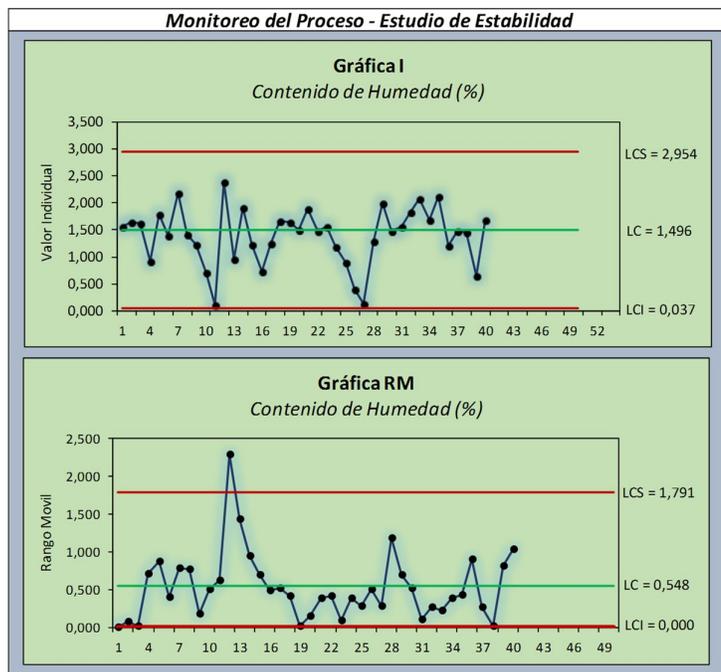


Figura 18. Diagramas de control. Contenido de humedad

Esta variable corresponde al contenido de humedad que tiene el tejido una vez que es sometido al proceso de secado, siendo un parámetro determinante en el aspecto y tacto del tejido final.

La media del proceso presenta comportamientos no aleatorios con tendencia a descender, esto posiblemente a fluctuaciones de temperatura y vapor de agua; variaciones que si se presta la debida atención por parte del operador pueden ser contrarrestadas con un aumento o disminución de la velocidad de trabajo.

La variabilidad de proceso indica la presencia de causas asignables de variación, con un punto fuera de los límites de control y un comportamiento con tendencia descendente en una parte del proceso, esto debido a las variaciones constantes en los parámetros de trabajo de la máquina secadora.

Ancho.

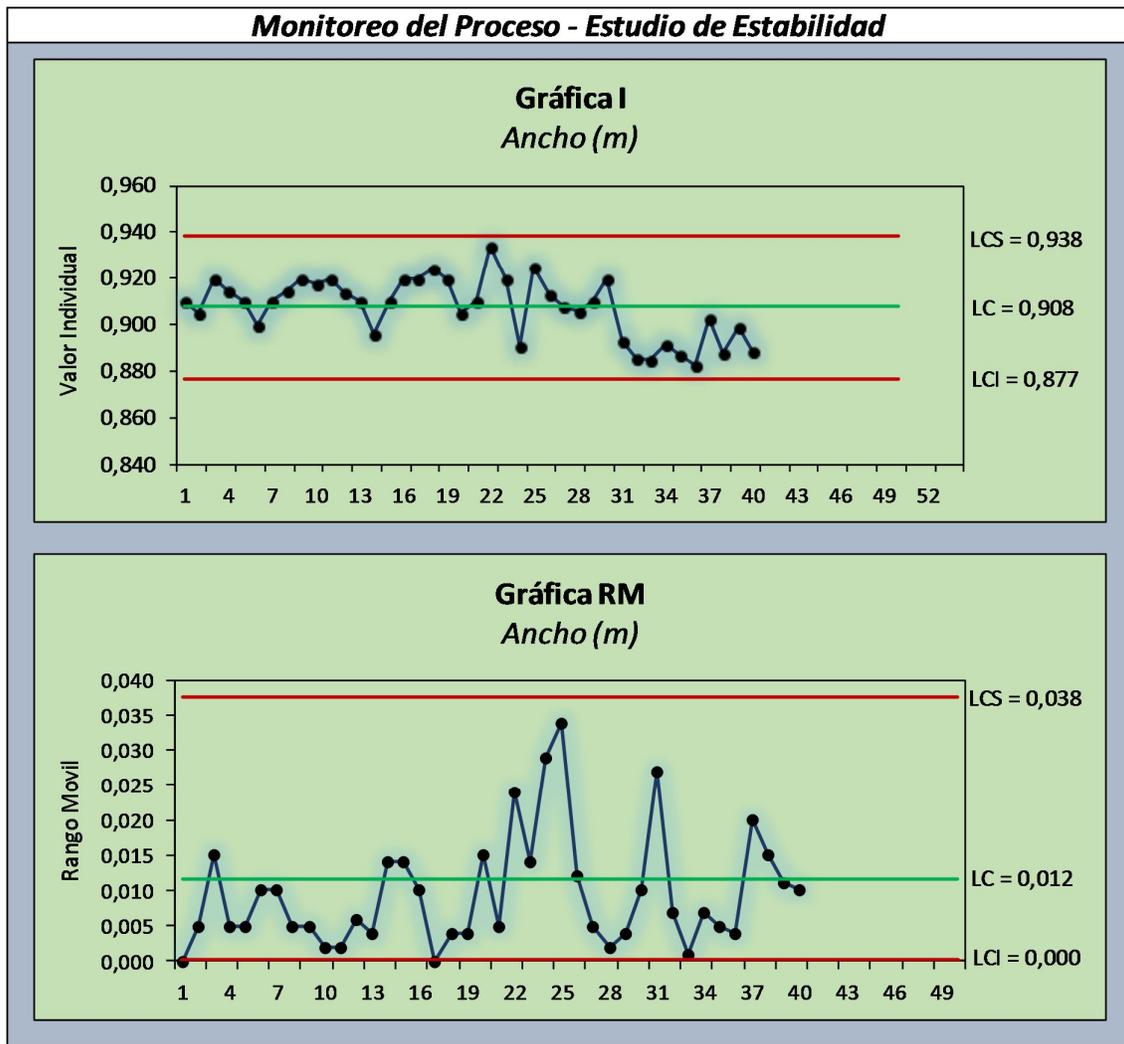


Figura 19. Diagramas de control. Ancho

Variable que corresponde al control del proceso de compactado, inicialmente presenta un comportamiento estable con todas las observaciones dentro de los límites de variación natural del proceso. Mientras que en observaciones finales presenta un comportamiento no aleatorio, mostrando un desplazamiento del promedio por debajo del límite central de control. La posible causa de variación es debido a la falta de estandarización del proceso, lo cual provoca que los parámetros de trabajo sean variados de una orden de producción a otra, puesto que el operador

es quien decide las condiciones de trabajo de la máquina, en este caso el ancho del expansor.

La dispersión de la variable presenta un comportamiento estable, ya que las observaciones se distribuyen dentro de los límites de control. Una parte del proceso presenta una tendencia ascendente en la variabilidad del proceso, pero se descarta la presencia de causas asignables de variación, asumiendo como una variación natural del proceso.

Gramaje.

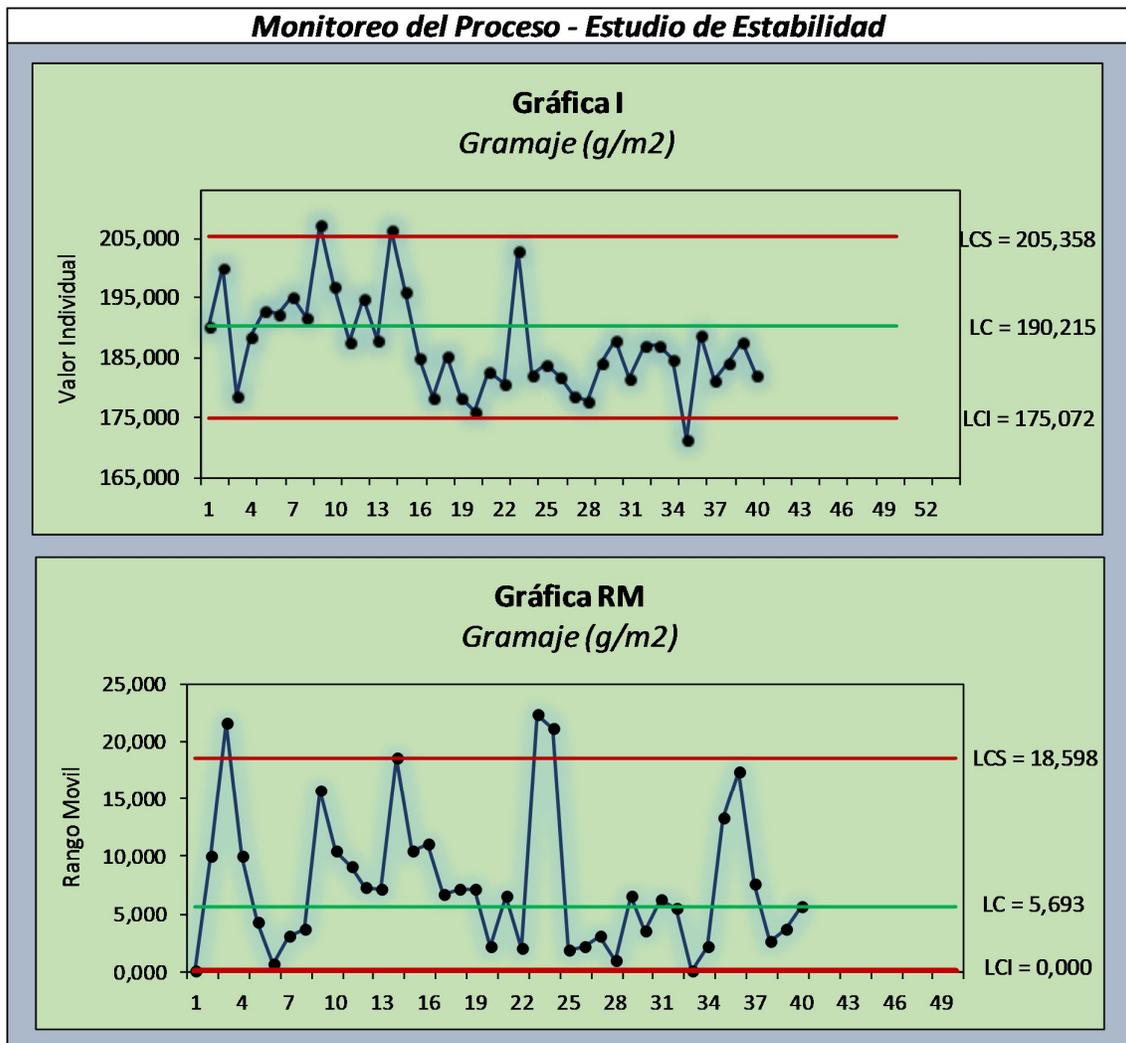


Figura 20. Diagramas de control. Gramaje

Esta variable igualmente corresponde al control del proceso de compactado, misma que presenta un comportamiento inestable con observaciones fuera de los límites de control, esto debido al exceso o falta de sobrealimentación en el paso del tejido por la máquina, lo que genera un aumento o disminución del peso respectivamente. También presenta un predominio de las observaciones finales por debajo de la línea central de control, lo que indica un desplazamiento en el promedio del proceso. Al igual que el parámetro descrito anteriormente (ancho) la principal causa de inestabilidad es debido a la falta de estandarización del proceso.

La dispersión del proceso presenta un comportamiento inestable, con observaciones fuera de los límites de control, la posible causa es que cada operador trabaja con diferentes parámetros de funcionamiento de la maquinaria. Al igual que la gráfica de la media es debido a la falta de estandarización del proceso.

En la Tabla 10 se presenta un resumen del estudio de estabilidad de cada uno de los procesos, en cuanto al comportamiento de la media y amplitud. Mientras que en la Tabla 11 se indican las principales causas de variación especial identificadas durante el periodo de control.

Tabla 10. Resumen del estudio de estabilidad de los procesos.

PROCESO	VARIABLES	COMPORTAMIENTO	
		PROMEDIO	DISPERSIÓN
Tejeduría	Longitud de malla	Estable	Estable
	Defectos	Estable	Estable
Tintorería	Tonalidad	Inestable - Tendencia ascendente. - Puntos fuera de los límites.	
Impregnación y/o exprimido	Pick-up	Estable	Inestable - Puntos fuera de los límites.
Secado	Contenido de humedad	Inestable - Tendencia descendente.	Inestable - Tendencia descendente.

			- Puntos fuera de los límites.
Compactado	Ancho	Inestable - Desplazamiento de la media.	Inestable - Puntos fuera de los límites.
	Gramaje	Inestable - Desplazamiento de la media. - Puntos fuera de los límites.	Inestable - Puntos fuera de los límites.

Tabla 11. Causas de variación especial de los procesos.

PROCESO	VARIABLES	CAUSAS DE VARIACIÓN ESPECIAL
Tintorería	Tonalidad	- Verificación del pH. - Pesos equivocados de colorante.
Secado	Contenido de humedad	- Fluctuación constante de temperatura y presión de vapor.
Compactado	Ancho	- Falta de estandarización (ancho del expansor).
	Gramaje	- Falta de estandarización (sobrealimentación).

4.3 Estudio de aptitud del proceso. Índices de capacidad.

Antes de analizar la capacidad de las variables de control, es importante establecer las condiciones bajo las cuales se desarrolla el estudio. En primer lugar, los datos del proceso deben distribuirse de manera aproximadamente normal, hecho que se comprueba con la prueba de normalidad de cada una de las variables.

En segundo lugar, se considera que el proceso se encuentra bajo control estadístico, es decir la variabilidad se debe únicamente a causas naturales de variación. Asumiendo que las causas de variación especial fueron identificadas y corregidas durante la etapa de monitoreo. De encontrarse el proceso fuera de control

estadístico los resultados del análisis de capacidad no son válidos, puesto que conllevan a conclusiones erróneas que no reflejan la realidad del proceso. Para esto se realizó el estudio inicial de cada variable durante un periodo estable.

La fluctuación de las variables presentadas en los diagramas de control se considera inherentes al proceso, por ende, no puede ser eliminadas, únicamente se puede reducir mediante modificaciones. Esta fluctuación o límites son establecidos estadísticamente y dependen del proceso, por ende, no pueden establecerse de manera voluntaria.

Los límites de especificación o tolerancia de las variables son establecidos de manera voluntaria por el cliente, fabricante o en base a una norma. Se constituyen como requerimientos que se deben cumplir, por ende, por ninguna razón se debe confundir con los límites de control.

La capacidad de un proceso es la aptitud para generar productos dentro de las especificaciones. Para asegurar el cumplimiento de requerimientos es conveniente que los límites de especificación se posicionen dentro de los límites de control.

Los histogramas de frecuencias juegan un papel importante en el análisis de la capacidad ya que permiten apreciar la distribución de los datos y confirmar su normalidad. Mientras que la aplicación de los diagramas de control exige necesariamente colocar el proceso bajo control estadístico. En consecuencia, se puede utilizar la media y desviación estándar utilizada para calcular los límites de control para calcular los índices de capacidad.

En la siguiente tabla se indican las variables con sus límites de especificación, media y desviación estándar de corto y largo plazo.

Tabla 12. *Parámetros y límites de especificación.*

VARIABLE	Parámetros			Límites de Especificación		
	\bar{x}	$\sigma - CP$	$\sigma - LP$	LES	LEC	LEI
Longitud de malla (cm)	0,314	0,001915	0,001940	0,321	0,315	0,309
Defectos (puntos/100 yd)	3,80	1,659	1,9768	33	0	-
Tonalidad (%)	-	-	-	-	-	-
Pick-up (%)	50,386	6,042	5,087	80	75	70
Contenido Humedad (%)	1,496	0,4861	0,4827	4,06	3,06	2,06
Ancho (m)	0,908	0,01020	0,01278	0,92	0,90	0,88
Gramaje (g/m ²)	190,22	5,047	6,172	198,15	185,19	172,23

Para determinar los valores de dispersión e índices de capacidad de corto y largo plazo se desarrolló un formato en el programa Microsoft Excel mismo que se indica en la figura 21; donde se especifican las fórmulas utilizadas y los resultados obtenidos. Mientras que en el Anexo G se presentan los cálculos realizados para cada una de las variables.

ESTUDIO DE CAPACIDAD		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} =$ <input type="text" value="0,001989"/>		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} =$ <input type="text" value="0,00194"/>
$C_p =$ <input type="text" value="1,01"/>	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p =$ <input type="text" value="1,03"/>
$C_{pi} =$ <input type="text" value="0,90"/> $C_{ps} =$ <input type="text" value="1,11"/> $C_{pk} =$ <input type="text" value="0,90"/>	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} =$ Menor valor entre C_{pi} y C_{ps}	$P_{pi} =$ <input type="text" value="0,92"/> $P_{ps} =$ <input type="text" value="1,14"/> $P_{pk} =$ <input type="text" value="0,92"/>
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} =$ <input type="text" value="0,98"/>

Figura 21. Formato desarrollado para determinar el valor de los índices de capacidad.

Los resultados de los índices de capacidad de corto y largo plazo de cada una de las variables se presentan en la tabla 11.

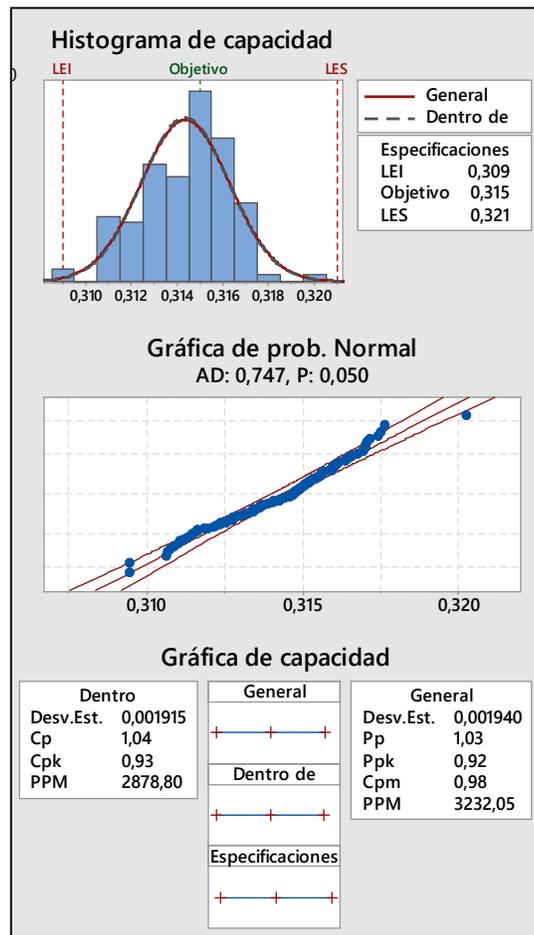
Tabla 13. Índices de capacidad de corto y largo plazo.

VARIABLE	Corto Plazo		Largo Plazo		
	C_p	C_{pk}	P_p	P_{pk}	C_{pm}
Longitud de malla	1,04	0,93	1,03	0,92	0,98
Defectos	-	5,87	-	4,92	2,54
Tonalidad	-	-	-	-	-
Pick-up	0,28	-1,08	0,33	-1,29	0,07
C. Humedad	0,69	-0,39	0,69	-0,39	0,20
Ancho	0,65	0,40	0,52	0,32	0,44
Gramaje	0,86	0,52	0,70	0,43	0,54

La diferencia entre los índices de capacidad de corto y largo plazo, radica en el hecho de que los primeros únicamente toman en cuenta la variabilidad que genera la maquinaria, mientras que los otros la variabilidad que generan todos los factores que integran el proceso.

Para tener una perspectiva grafica de la distribución de los datos respecto a las especificaciones, se realizó un histograma de capacidad para cada una de las variables, con sus respectivos índices de capacidad. Para verificar que los datos provengan de una distribución aproximadamente normal se presenta la gráfica de probabilidad normal. Las gráficas y resultados son obtenidos con los programas Minitab 17 y Microsoft Excel.

Longitud de malla

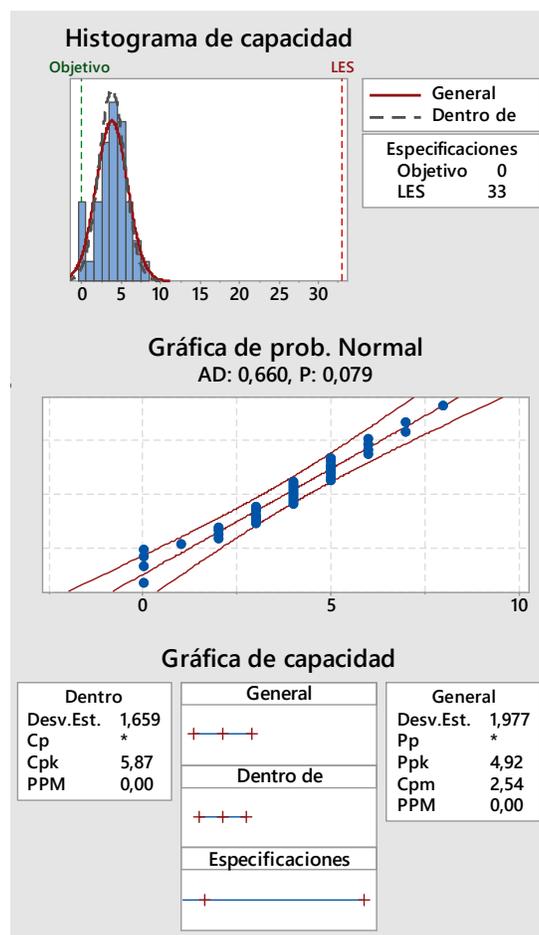


Como se puede apreciar en la gráfica los datos se distribuyen normalmente, con un nivel de confianza del 95%.

Las observaciones de la media del proceso se distribuyen dentro de los límites de especificación, esto se ve demostrado con el índice $C_p=1,04$ lo que indica que el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos.

Igualmente el índice $C_{pk}=0,93$ muestra un proceso centrado que cumple con ambas partes de las especificaciones. Mientras que el valor del índice $C_{pm}=0,98$ al ser similar o cercano a los índices C_p y C_{pk} indica un proceso centrado con una variación fluctuante alrededor del valor nominal.

Defectos (Puntaje)



Del grafico se puede concluir que los datos se distribuyen de manera normal con un nivel de confianza de 95%, mostrando un predominio de la distribución de los datos cerca del objetivo con ninguna observación cerca del límite de tolerancia.

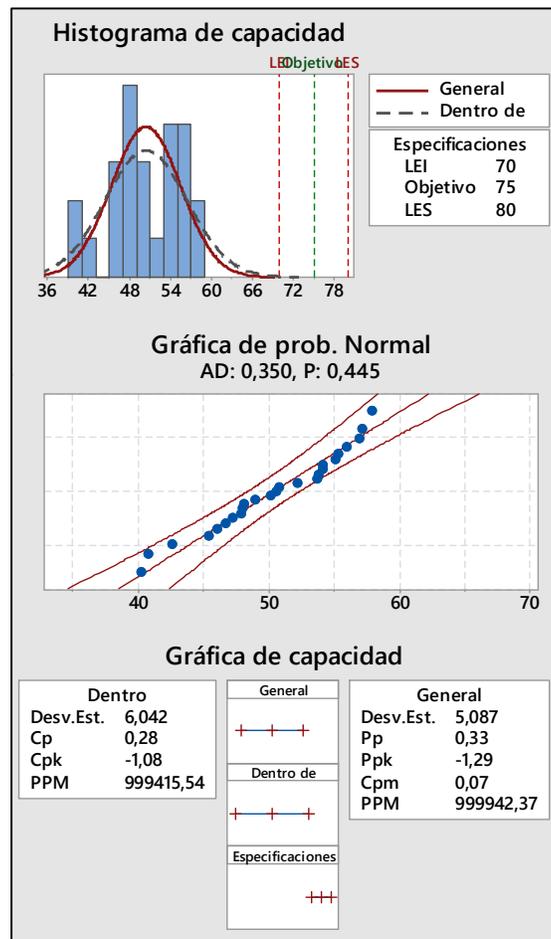
El proceso al contar con una sola especificación es posible medir únicamente los índices Cpk y Cpm, en cuanto al valor del índice $Cpk=5,87$ indica que el proceso es muy capaz de producir dentro de las especificaciones establecidas. Esto debido a que la empresa cuenta con maquinaria completamente nueva y trabaja con hilo importado de excelente calidad, lo cual favorece a que no se presenten defectos de tejido de manera frecuente.

El índice Cpm igual a 2,54 indica que la variación del proceso se distribuye alrededor del valor nominal.

Tonalidad

La tonalidad al ser una variable discreta carente de una unidad de medida no es posible establecer límites de tolerancia para su control, por ende no es posible realizar una medición de su aptitud o capacidad.

Pick-up.



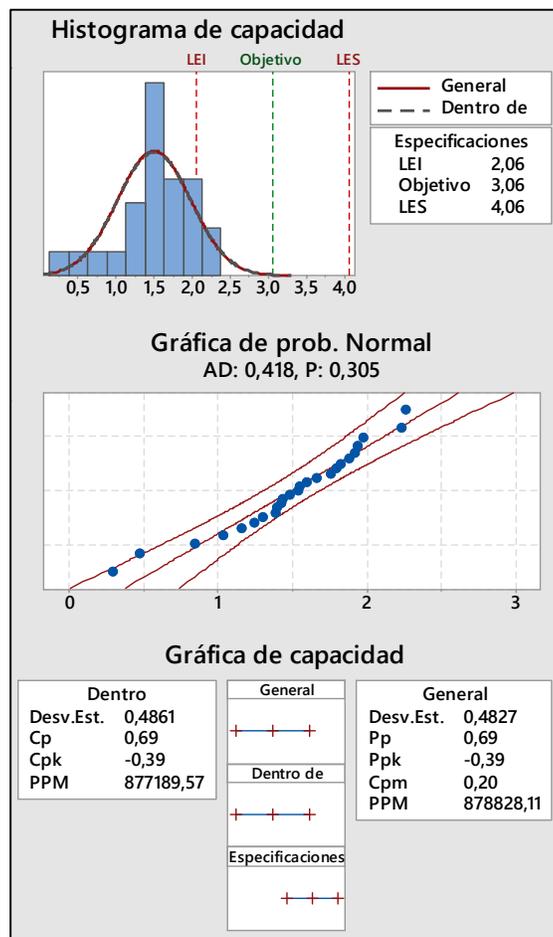
La grafica muestra que existe un comportamiento normal con un Valor $P > 0,005$, es decir con un nivel de confianza del 95%. Presenta una distribución de las observaciones que fluctúa fuera de los límites de especificación.

El índice $Cp=0,28$ determina un proceso incapaz de producir dentro de las especificaciones. Mientras que el índice $Cpk=-1,08$ indica que la distribución de la variable no se encuentra en ninguna de las dos partes de especificación, estos hechos se pueden constatar en el histograma de capacidad.

El valor del índice $C_{pm}=0,007$ ratifica que la variabilidad del proceso no se distribuye cerca del valor nominal de especificación.

En este caso es recomendable tomar medidas para modificar los parámetros de funcionamiento del proceso, o cambiar los límites de especificación del mismo, esto si el producto lo permite o si las características del proceso impiden producir dentro de las especificaciones establecidas actualmente.

Contenido de Humedad.



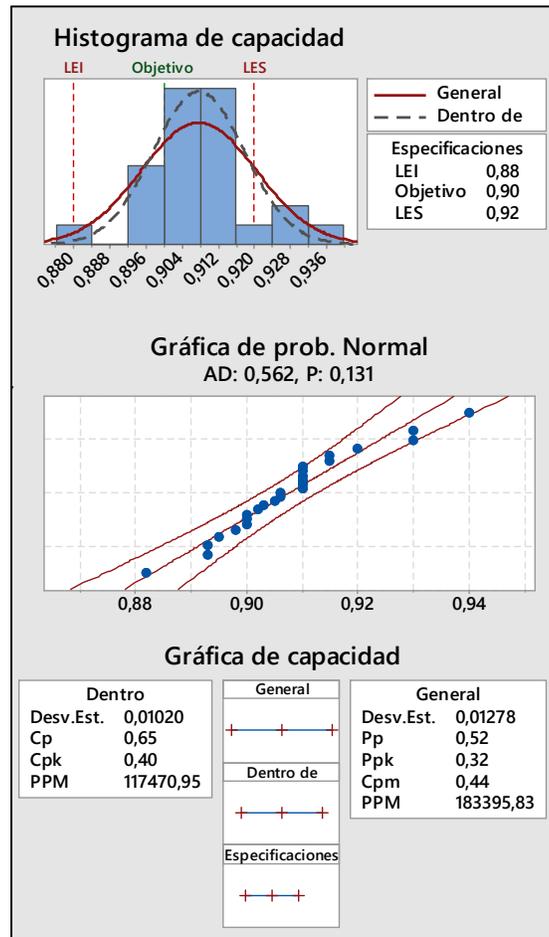
El grafico muestra un comportamiento normal de los datos con un valor $p=0,305$, pero con una distribución fuera de los límites de especificación con pocas observaciones cerca del límite inferior.

El valor del índice $C_p=0,69$ presenta un proceso incapaz de producir dentro de las especificaciones. Mientras que el índice $C_{pk}=-0,39$ indica que la distribución de la variable no se sitúa dentro de ninguna de las partes de especificación.

El índice $C_{pm}=0,20$ determina que la variabilidad del proceso se distribuye de manera lejana con respecto al límite central de especificación.

Al igual que la variable pick-up es necesario modificar el proceso o establecer nuevos límites de especificación, puesto que los actuales no son posibles de alcanzar por el proceso.

Ancho

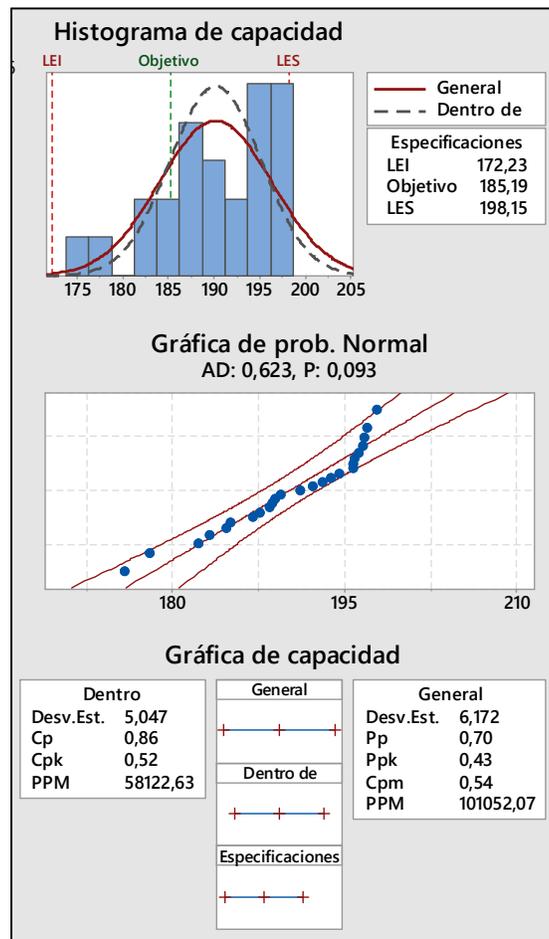


Los resultados muestran un proceso con distribución normal de los datos, echo ratificado con el valor $p=0,131$, con una parte de la distribución de los datos dentro de los límites de especificación y la otra sobre el límite superior.

El valor del índice $Cp=0,65$ indica que el proceso no es capaz de producir dentro de las especificaciones. Mientras que el índice $Cpk=0,40$ presenta un proceso descentrado capaz de cumplir solo con una parte de las especificaciones.

El valor del índice $Cpm=0,44$ ratifica el descentrado del proceso y una variabilidad lejana al valor nominal.

Gramaje



El gráfico muestra un proceso con una distribución aproximadamente normal de los datos, el valor $p = 0,093$ comprueba este hecho.

Los resultados del índice $Cp=0,86$ muestran un proceso próximo a cumplir con las especificaciones, aspecto que se puede lograr si se enfocan los esfuerzos en reducir la variación del proceso hasta que este se sitúe dentro de los límites de tolerancia.

El valor del índice $Cpk=0,52$ indican que el proceso se encuentra descentrado, incapaz de cumplir con una parte de las especificaciones.

Un índice $C_{pm}=0,54$ ratifican el hecho de descentramiento del proceso, indicando además que la variación del proceso fluctúa alrededor a un lado del valor nominal.

Para el caso de las variables con un índice de capacidad igual o mayor que 1, se puede concluir que se encuentran en un estado ideal. En este caso los diagramas de control deben aplicarse para mantener la aptitud del proceso, mediante la prevención de causas asignables de variación.

En algunas variables los valores menores a 1, no necesariamente indican un proceso malo. Un valor del índice C_{pk} y $C_{pm} < 1$ indican que las amplitudes de las especificaciones son inferiores a la variabilidad del proceso y/o que esta descentrado. En este caso es importante ajustar el proceso para centrarlo un poco con respecto al objetivo.

El cumplir o no con las especificaciones se vuelve crítico para las variables de producto final, ya que de no cumplir con parámetros depende la aceptación o rechazo de la orden de producción. No se descarta que para las demás variables tenga menos importancia, solo que para estas existe la posibilidad de rectificar o separar las piezas defectuosas antes de continuar con los demás procesos y que estos desfases lleguen al producto final.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se obtuvieron luego de la aplicación del Control Estadístico de Procesos en la planta Texco S.A. son:

- Se identificaron las principales variables que son críticas para los procesos de tejeduría, tintorería, impregnación y/o exprimido, secado y compactado, como se hace referencia en el Capítulo III, Tabla 1. Indicando hacia donde se deben encaminar los esfuerzos en el control de las operaciones de la empresa.
- Como se expresa en el Capítulo III, a partir del estudio inicial de las variables se comprobó la normalidad de los datos con un nivel de confiabilidad del 95% para posteriormente determinar los parámetros y límites de control de las diferentes variables como se presenta en las Tablas 8 y 9 respectivamente.
- Mediante la aplicación de diagramas de control como se hace referencia en el Capítulo IV, se determinó que los procesos de tejeduría e impregnación y/o exprimido presentan un comportamiento estable, mientras que los procesos de tintorería, secado y compactado que presentan comportamiento inestable, por lo cual requieren mayor inspección y control.
- Con el monitoreo de las variables críticas durante el periodo de control como se presenta en el Capítulo IV, se determinó que la principal causa de variación de los procesos de tintorería, secado y compactado es la falta de estandarización.

- A partir del programa Microsoft Excel se creó un formato que permite almacenar, procesar y graficar datos de manera automática, para así analizar el comportamiento de los procesos y tomar decisiones inmediatas en caso de presentarse algún desajuste.
- Se determinaron los índices de capacidad para cada una de las variables críticas, de las cuales la longitud de malla, defectos de calidad y gramaje son capaces de cumplir con las especificaciones establecidas con un $C_p \geq 1$. Mientras que variables como: pick-up, contenido de humedad y ancho con un $C_p \leq 1$ no son capaces de cumplir con las especificaciones establecidas por lo que deben ser revisadas para reducir la variación natural de los procesos para que fluctúe dentro de los límites de especificación.

RECOMENDACIONES

- Fomentar la utilización de herramientas estadísticas para que exista un lenguaje común entre todo el personal; solo de esta manera es posible emprender un camino hacia el mejoramiento continuo de los procesos, donde todos se sientan comprometidos y trabajen en pro de un objetivo común: la calidad.
- Estandarizar los parámetros de funcionamiento de los procesos de impregnación y/o exprimido, secado y compactado para los diferentes tipos de tela.
- Mantener el control de las variables críticas establecidas para que sirvan como herramientas para identificar desajustes en los procesos y como medio de comprobación de resultados cuando se implemente acciones correctivas de eliminación o disminución de la variación.
- Revisar de manera periódica los parámetros establecidos para el análisis de cada variable y modificarlos si es necesario.

BIBLIOGRAFÍA

- Pola Maseda, Á. (1993). *Aplicación de la Estadística al Control de Calidad*. Barcelona: Publicaciones Marcombo.
- Álvarez Borrego, J. (09 de septiembre de 2011). *Control Estadístico de Procesos*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional:
http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5507/MANUAL_CURSO_CONTROLESTADISTICODEPROCESOS.pdf?sequence=1
- Arencibia Sánchez, L. (10 de julio de 2001). *Control Estadístico de Procesos y Planes de Muestreo*. Obtenido de camarafp:
www.camarafp.org/portal/index.php/empresas/documentos/.../500.../download.html
- Barbosa Correa, R. (2016). *Monitoreo y Análisis Estadístico de Procesos con Aplicaciones*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Bertrand, H., & Prabhakar, G. (1990). *Control de Calidad. Teoría y aplicaciones*. Madrid: DÍAZ DE SANTOS, S.A.
- Bureau Veritas. (21 de octubre de 2010). *Control Estadístico de Procesos*. Obtenido de Bureau Veritas Formación:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/121001/2016periodo_4/Control_estadistico_procesos-Bureau.pdf
- Cruz Ariza, F. (02 de abril de 2010). *Tabla de Distribución de Frecuencias*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración:
http://www.franciscojaviercruzariza.com/attachments/File/Tabla_de_Distribuci_n_de_Frecuencias.pdf
- Duncan, A. (1989). *Control de Calidad y Estadística Industrial*. México: Alfaomega.

- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (Segunda ed.). México: McGraw-Hill Educación.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al Control de Calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Ivancevich, J. M., Lorenzi, P., & Skinner, S. J. (1996). *Gestión: Calidad y Competitividad*. Madrid: Mosby-Doyna Libros, S.A. - División IRWIN.
- Kume, H. (1993). *Métodos Estadísticos para Melhoria da Qualidade*. Sao Paulo: Gente.
- Lester, R. H., Enrick, N. L., & Mottley, H. E. (1989). *Control de Calidad y Beneficio Empresarial*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Lockuán Lavado, F. E. (02 de diciembre de 2012). *La Industria Textil y su Control de Calidad, I Aspectos Preliminares*. Obtenido de Issuu: https://issuu.com/fidel_lockuan
- López Rey, S. (2006). *Implantación de un Sistema de Calidad: Los Diferentes Sistemas de Calidad Existentes en la Organización*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Maya Nicolalde, M. A. (2012). *Implementación del Control Estadístico para la Calidad en la Empresa Angie Confecciones en la línea de producción de calentadores, para Mejorar la Capacidad del Procesos y Productividad (Tesis de pregrado, de ingeniería industrial)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Montgomery, D. (2007). *Control Estadístico de la Calidad*. México: Limusa S.A.
- Ogalla Segura, F. (2005). *Sistema de Gestión: Como Pasar de la Certificación de Calidad, a un Enfoque Integral de Gestión*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Reyes Aguilar, P. (04 de septiembre de 2015). *Control Estadístico del Proceso*. Obtenido de Datateca UNAD: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/121001/2016-periodo_4/Introduccion_metodos_y_filosofia_de_CEP.pdf
- Ruiz, A. (04 de marzo de 2006). *Control Estadístico de Procesos*. Obtenido de Cortland: <http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>

Verdoy, J. P., Mateu Mahiques, J., Sagasta Pellicer, S., & Sirvent Prades , R. (2006). *Manual de Control Estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones*. Castellón de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.

ANEXOS

Anexo A. Constantes para el cálculo de los límites de control.

<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

Anexo B. Datos del periodo estable, para el estudio inicial.

B.1 Longitud de malla.

				ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TEJEDURÍA	
				PÁRAMETRO DE CONTROL LONGITUD DE MALLA (cm)				OPERACIÓN: TEJIDO MÁQUINA: C 05	
DATOS TÉCNICOS			ESPECIFICACIONES				MUESTREO		
ARTÍCULO:	EVELYN 20		TOLERANCIA (%):	± 2		FRECUENCIA:	C/Rollo		
GÉNERO:	JERSEY		LES:	0,321 cm		TAMAÑO:	4		
HILO/ESP.	Ne 20/1 IMP.		NOMINAL	0,315 cm					
COMPOSICIÓN	65%Pes / 35%Co		LEI:	0,309 cm					
PARÁMETROS MAQUINARIA									
FONTURAS:	1		ALIMENTADORES:	102		# AGUJA:	Vo-LS 141.52 G002		
DIAMETRO:	32 in		AGUJAS:	2424			Vo-LS 141.52 G004		
E:	24		# PLATINA:	SNK 35.31 - 15 G 6			Vo-LS 141.52 G006		
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	MUESTRAS				\bar{X}	R
				X1	X2	X3	X4		
7-abr.	Diurno	Edgar	870	0,313	0,315	0,317	0,314	0,315	0,004
7-abr.	Diurno	Edgar	871	0,316	0,315	0,313	0,311	0,314	0,005
7-abr.	Diurno	Edgar	872	0,314	0,315	0,312	0,315	0,314	0,003
7-abr.	Diurno	Edgar	873	0,317	0,315	0,314	0,311	0,314	0,006
7-abr.	Diurno	Edgar	874	0,313	0,316	0,317	0,315	0,315	0,004
7-abr.	Diurno	Edgar	875	0,316	0,312	0,313	0,311	0,313	0,005
7-abr.	Nocturno	Santiago	876	0,314	0,311	0,313	0,316	0,314	0,005
7-abr.	Nocturno	Santiago	877	0,313	0,313	0,315	0,316	0,314	0,003
7-abr.	Nocturno	Santiago	878	0,312	0,316	0,315	0,317	0,315	0,006
7-abr.	Nocturno	Santiago	879	0,313	0,313	0,316	0,311	0,313	0,005
7-abr.	Nocturno	Santiago	880	0,314	0,315	0,313	0,315	0,314	0,002
7-abr.	Nocturno	Santiago	881	0,314	0,314	0,317	0,314	0,315	0,003
8-abr.	Diurno	Edgar	882	0,309	0,317	0,318	0,316	0,315	0,008
8-abr.	Diurno	Edgar	883	0,316	0,316	0,315	0,311	0,314	0,005
8-abr.	Diurno	Edgar	884	0,316	0,314	0,316	0,312	0,314	0,004
8-abr.	Diurno	Edgar	885	0,316	0,314	0,313	0,311	0,314	0,005
8-abr.	Diurno	Edgar	886	0,316	0,313	0,315	0,315	0,315	0,004
8-abr.	Diurno	Edgar	887	0,315	0,315	0,316	0,315	0,315	0,001
8-abr.	Nocturno	Santiago	888	0,312	0,312	0,313	0,315	0,313	0,003
8-abr.	Nocturno	Santiago	889	0,313	0,317	0,314	0,314	0,314	0,004
8-abr.	Nocturno	Santiago	890	0,317	0,313	0,315	0,315	0,315	0,004
8-abr.	Nocturno	Santiago	891	0,311	0,312	0,309	0,314	0,312	0,005
8-abr.	Nocturno	Santiago	892	0,316	0,314	0,312	0,315	0,314	0,004
8-abr.	Nocturno	Santiago	893	0,316	0,315	0,315	0,315	0,315	0,001
9-abr.	Diurno	Edgar	894	0,315	0,311	0,313	0,316	0,314	0,004
9-abr.	Diurno	Edgar	895	0,314	0,317	0,315	0,317	0,316	0,003
9-abr.	Diurno	Edgar	896	0,315	0,314	0,316	0,313	0,314	0,003
9-abr.	Diurno	Edgar	897	0,313	0,316	0,315	0,320	0,316	0,007
9-abr.	Diurno	Edgar	898	0,316	0,311	0,315	0,312	0,314	0,006
9-abr.	Nocturno	Santiago	899	0,316	0,315	0,317	0,317	0,316	0,002
\bar{X} =								0,314	0,004

B.2 Defectos – Puntaje (1).

ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TEJEDURÍA	
PARÁMETRO DE CONTROL <i>PUNTAJE (puntos/100 yardas)</i>				OPERACIÓN: TEJIDO MÁQUINA: C 05	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA P-/100 yd:	<u>55</u>	FRECUENCIA:	<u>C/ROLLO</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>33</u> puntos	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>0,000</u> puntos	Long. Rollo:	<u>60</u> yd
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>/</u>		
PARÁMETROS MAQUINARIA					
FONTURAS:	<u>1</u>	ALIMENTADORES:	<u>102</u>	# AGUJA:	<u>Vo-LS 141.52 G002</u>
DIAMETRO:	<u>32 in</u>	AGUJAS:	<u>2424</u>		<u>Vo-LS 141.52 G004</u>
E:	<u>24</u>	# PLATINA:	<u>SNK 35.31-15 G 6</u>		<u>Vo-LS 141.52 G006</u>
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	X	R
7-abr.	Diurno	Ramiro	870	2	/
7-abr.	Diurno	Ramiro	871	2	0,000
7-abr.	Diurno	Ramiro	872	6	4,000
7-abr.	Diurno	Ramiro	873	8	2,000
7-abr.	Diurno	Ramiro	874	4	4,000
7-abr.	Diurno	Ramiro	875	3	1,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	876	2	1,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	877	5	3,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	878	4	1,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	879	2	2,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	880	5	3,000
7-abr.	Nocturno	Santiago	881	6	1,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	882	4	2,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	883	5	1,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	884	2	3,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	885	3	1,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	886	5	2,000
8-abr.	Diurno	Ramiro	887	3	2,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	888	3	0,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	889	2	1,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	890	3	1,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	891	2	1,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	892	5	3,000
8-abr.	Nocturno	Santiago	893	5	0,000
9-abr.	Diurno	Ramiro	894	4	1,000
\bar{X} =				3,800	1,667

B.3 Defectos – Puntaje (2).

ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TEJEDURÍA	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: TEJIDO	
PUNTAJE (puntos/100 yardas)				MÁQUINA: C 05	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA P-/100 yd:	<u>55</u>	FRECUENCIA:	<u>C/ROLLO</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>33</u> puntos	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL:	<u>0,000</u> puntos	Long. Rollo:	<u>60</u> yd
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>/</u>		
PARÁMETROS MAQUINARIA					
FONTURAS:	<u>1</u>	ALIMENTADORES:	<u>102</u>	# AGUJA:	<u>Vo-LS 141.52 G002</u>
DIAMETRO:	<u>32 in</u>	AGUJAS:	<u>2424</u>		<u>Vo-LS 141.52 G004</u>
E:	<u>24</u>	# PLATINA:	<u>SNK 35.31-15 G 6</u>		<u>Vo-LS 141.52 G006</u>
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	X	R
9-abr.	Diurno	Ramiro	895	4	/
9-abr.	Diurno	Ramiro	896	3	1,000
9-abr.	Diurno	Ramiro	897	5	2,000
9-abr.	Diurno	Ramiro	898	3	2,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	899	4	1,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	900	7	3,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	901	8	1,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	902	6	2,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	903	5	1,000
9-abr.	Nocturno	Santiago	904	6	1,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	905	3	3,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	906	5	2,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	907	4	1,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	908	2	2,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	909	2	0,000
10-abr.	Diurno	Ramiro	910	0	2,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	911	4	4,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	912	2	2,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	913	4	2,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	914	6	2,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	915	6	0,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	916	0	6,000
10-abr.	Nocturno	Santiago	917	1	1,000
11-abr.	Diurno	Ramiro	918	3	2,000
11-abr.	Diurno	Ramiro	919	3	0,000
11-abr.	Diurno	Ramiro	920	3	0,000
11-abr.	Diurno	Ramiro	921	7	4,000
11-abr.	Diurno	Ramiro	922	5	2,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	923	5	0,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	924	0	5,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	925	3	3,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	926	4	1,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	927	0	4,000
11-abr.	Nocturno	Santiago	928	4	4,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	929	5	1,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	930	5	0,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	931	4	1,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	932	4	0,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	933	2	2,000
12-abr.	Diurno	Ramiro	934	5	3,000
X̄ =				3,800	1,872

B.4 Tonalidad.

		ESTUDIO INICIAL		ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS
		PARÁMETRO DE CONTROL <i>TONALIDAD</i>		OPERACIÓN: TEÑIDO MAQUINARIA: OVERFLOWS
FRECUENCIA: <u>Diaria</u> TAMAÑO: <u>20</u>				
	FECHA/DÍA	PIEZAS INSPECCIONADA	PIEZAS DEFECTUOSAS	
	16-abr.	20	2	
	17-abr.	20	3	
	18-abr.	20	2	
	19-abr.	20	2	
	20-abr.	20	2	
	21-abr.	20	3	
	22-abr.	20	3	
	23-abr.	20	2	
	24-abr.	20	0	
	25-abr.	20	2	
	26-abr.	20	0	
	27-abr.	20	1	
	28-abr.	20	2	
	29-abr.	20	2	
	30-abr.	20	3	
	1-may.	20	2	
	2-may.	20	2	
	3-may.	20	0	
	4-may.	20	2	
	5-may.	20	4	
	6-may.	20	3	
	7-may.	20	2	
	Σ =	440	44	

B.5 Pick-up.

		ESTUDIO INICIAL		ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
		PARÁMETRO DE CONTROL <i>PICK-UP (%)</i>		O.: IMPREGNACIÓN Y EXTRACCIÓN MÁQUINA: HIDROEXTRACTORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 5</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>80,0 %</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>75,0 %</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>70,0 %</u>		
FECHA	TURNO	OPERADOR	ORDEN PRODUCCIÓN	X	R
31-ago	Nocturno	Jhonatan	17-2777	54,13	/
31-ago	Nocturno	Jhonatan	17-2781	50,55	3,58
04-sep	Diurno	Jhonatan	17-2785	55,15	4,60
04-sep	Diurno	Jhonatan	17-2825	55,32	0,17
05-sep	Diurno	Jhonatan	17-2820	48,01	7,31
05-sep	Diurno	Jhonatan	17-2821	53,84	5,83
05-sep	Nocturno	Edison	17-2822	47,85	5,99
05-sep	Nocturno	Edison	17-2823	48,94	1,09
05-sep	Nocturno	Edison	17-2838	57,87	8,93
06-sep	Nocturno	Edison	17-2824	46,72	11,15
07-sep	Diurno	Jhonatan	17-2815	42,58	4,14
07-sep	Nocturno	Edison	17-2814	56,89	14,31
11-sep	Diurno	Edison	17-2921	40,81	16,08
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2923	47,21	6,40
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2928	55,97	8,76
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2937	57,19	1,22
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2922	48,14	9,05
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2932	45,39	2,75
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2933	54,17	8,78
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2936	46,01	8,16
12-sep	Diurno	Edison	17-2942	53,71	7,70
13-sep	Diurno	Edison	17-2924	40,19	13,52
13-sep	Diurno	Edison	17-2925	50,74	10,55
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2930	52,17	1,43
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2931	50,09	2,08
$\bar{X} =$				50,386	6,816

B.6 Contenido de Humedad.

ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS		
PARÁMETRO DE CONTROL CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				OPERACIÓN: SECADO		
				MÁQUINA: SECADORA		
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO		
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 1</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>	
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>4,06 %</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>	
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>3,06 %</u>			
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>2,06 %</u>			
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	X	R	
31-ago	Nocturno	Jhonatan	17-2777	1,24	/	
31-ago	Nocturno	Jhonatan	17-2781	2,23	0,99	
04-sep	Diurno	Jhonatan	17-2785	1,88	0,35	
04-sep	Diurno	Jhonatan	17-2825	1,16	0,72	
05-sep	Diurno	Jhonatan	17-2820	1,55	0,39	
05-sep	Diurno	Jhonatan	17-2821	1,30	0,25	
05-sep	Nocturno	Edison	17-2822	0,47	0,83	
05-sep	Nocturno	Edison	17-2823	1,40	0,93	
05-sep	Nocturno	Edison	17-2838	1,43	0,03	
06-sep	Nocturno	Edison	17-2824	1,66	0,23	
07-sep	Diurno	Jhonatan	17-2815	0,29	1,37	
07-sep	Nocturno	Edison	17-2814	1,54	1,25	
11-sep	Diurno	Edison	17-2921	1,39	0,15	
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2923	1,60	0,21	
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2928	1,92	0,32	
11-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2937	1,94	0,02	
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2922	1,80	0,14	
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2932	1,98	0,18	
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2933	1,42	0,56	
12-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2936	1,03	0,39	
12-sep	Diurno	Edison	17-2942	1,76	0,73	
13-sep	Diurno	Edison	17-2924	0,84	0,92	
13-sep	Diurno	Edison	17-2925	1,82	0,98	
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2930	2,26	0,44	
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2931	1,48	0,78	
				$\bar{X} =$	1,496	0,55

B.7 Ancho.

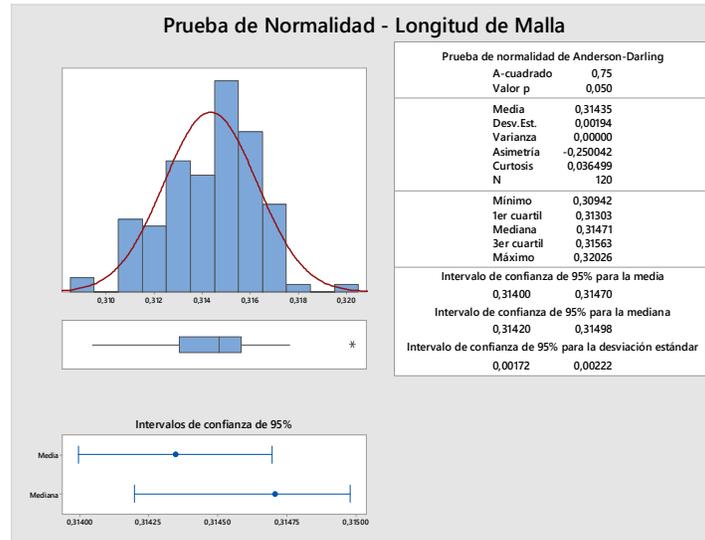
ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: COMPACTADO	
ANCHO (m)				MÁQUINA: COMPACTADORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 0,02</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>0,92 m</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>0,90 m</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>0,88 m</u>		
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	X	R
31-ago	Nocturno	Jhony	17-2781	0,910	/
01-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2777	0,900	0,01
04-sep	Nocturno	Jhony	17-2785	0,903	0,00
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2825	0,915	0,01
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2820	0,895	0,02
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2821	0,905	0,01
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2822	0,893	0,01
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2823	0,882	0,01
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2838	0,898	0,02
06-sep	Nocturno	Jhony	17-2824	0,893	0,01
07-sep	Diurno	Jose Luis	17-2815	0,900	0,01
07-sep	Nocturno	Jhony	17-2814	0,940	0,04
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2921	0,930	0,01
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2923	0,915	0,02
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2928	0,906	0,01
12-sep	Diurno	Jhony	17-2937	0,910	0,00
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2922	0,920	0,01
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2932	0,910	0,01
12-sep	Diurno	Jhony	17-2933	0,900	0,01
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2936	0,910	0,01
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2942	0,910	0,00
13-sep	Diurno	Jhony	17-2924	0,910	0,00
13-sep	Diurno	Jhony	17-2925	0,930	0,02
13-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2930	0,902	0,03
13-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2931	0,906	0,00
$\bar{X} =$				0,908	0,01

B.8 Gramaje.

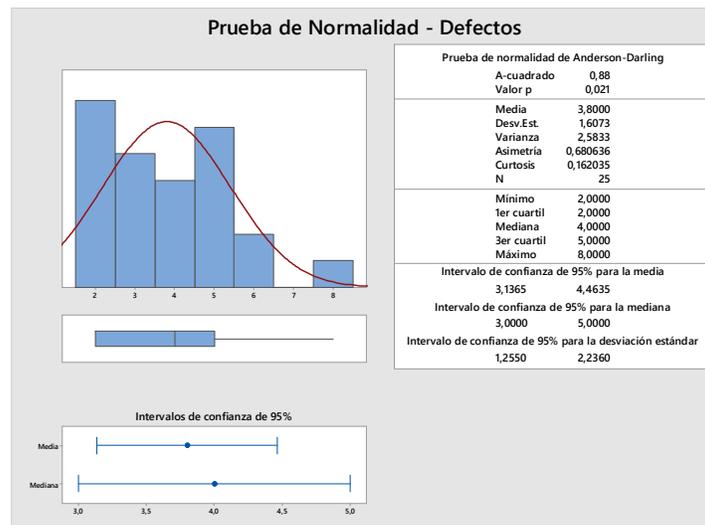
ESTUDIO INICIAL				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: COMPACTADO	
GRAMAJE (g/m ²)				MÁQUINA: COMPACTADORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 7</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>198,15 g/m²</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>185,19 g/m²</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>172,23 g/m²</u>		
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	X	R
31-ago	Nocturno	Jhony	17-2781	195,80	/
01-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2777	175,83	19,98
04-sep	Nocturno	Jhony	17-2785	177,95	2,13
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2825	183,23	5,28
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2820	191,18	7,95
05-sep	Diurno	Jose Luis	17-2821	193,13	1,95
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2822	197,78	4,65
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2823	196,55	1,22
05-sep	Nocturno	Jhony	17-2838	196,25	0,30
06-sep	Nocturno	Jhony	17-2824	192,25	4,00
07-sep	Diurno	Jose Luis	17-2815	182,30	9,95
07-sep	Nocturno	Jhony	17-2814	195,73	13,43
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2921	188,65	7,07
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2923	197,00	8,35
11-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2928	194,58	2,43
12-sep	Diurno	Jhony	17-2937	196,78	2,20
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2922	184,63	12,15
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2932	193,75	9,13
12-sep	Diurno	Jhony	17-2933	188,93	4,82
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2936	188,40	0,53
12-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2942	187,55	0,85
13-sep	Diurno	Jhony	17-2924	185,00	2,55
13-sep	Diurno	Jhony	17-2925	189,40	4,40
13-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2930	186,95	2,45
13-sep	Nocturno	Jose Luis	17-2931	195,83	8,88
$\bar{X} =$				190,22	5,69

Anexo C. Test de normalidad.

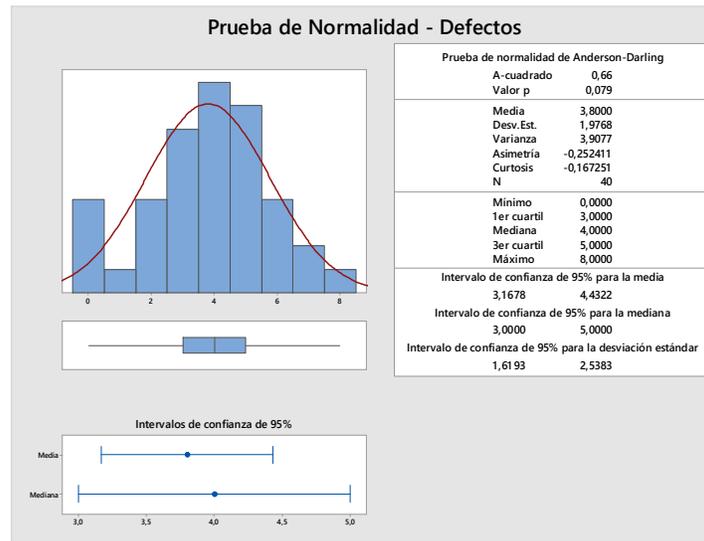
C.1 Longitud de malla.



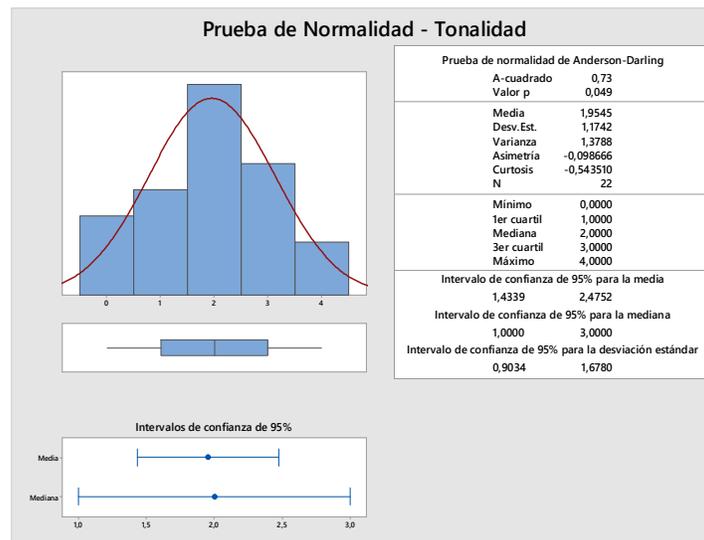
C.2 Defectos – Puntaje (1).



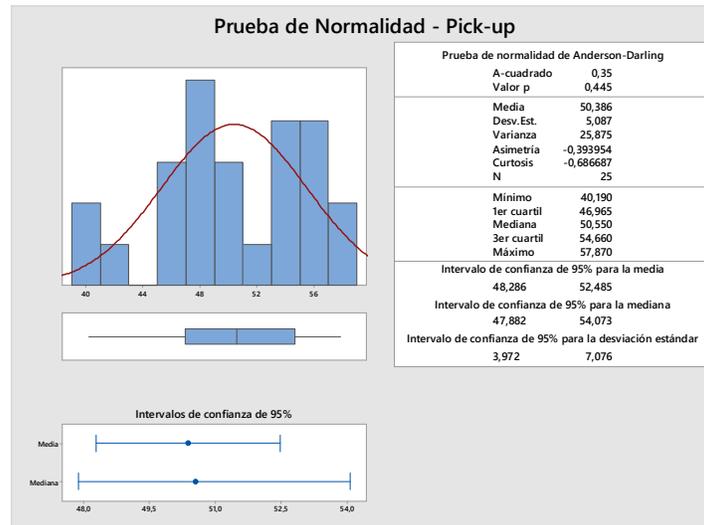
C.3 Defectos – Puntaje (2).



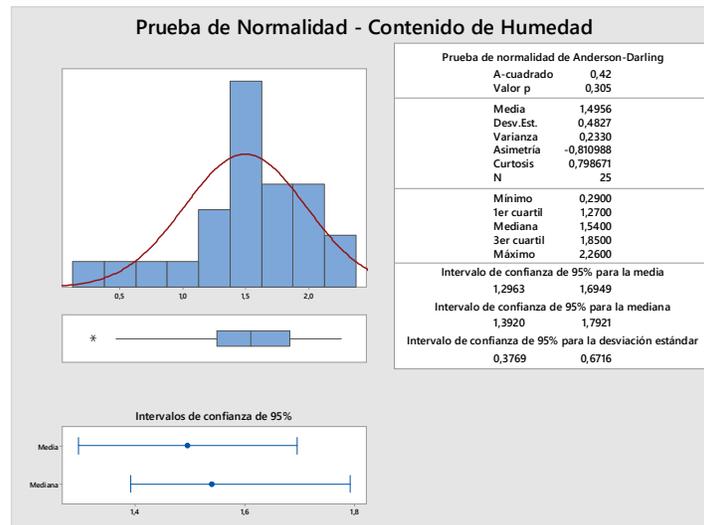
C.4 Tonalidad.



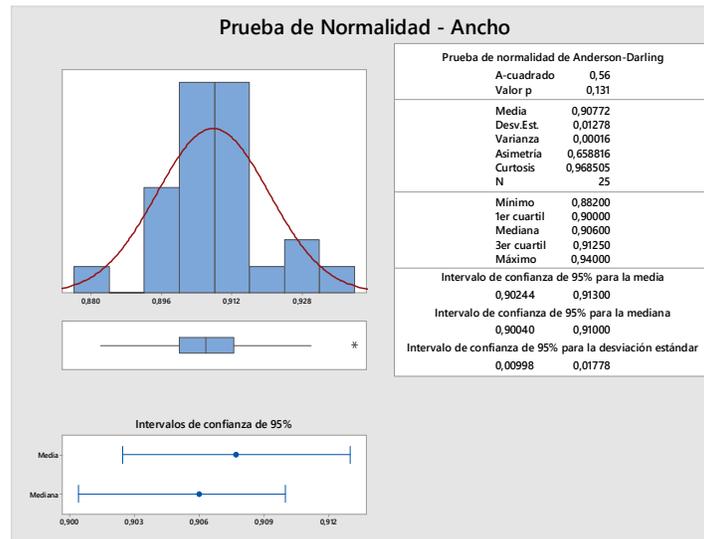
C.5 Pick-up.



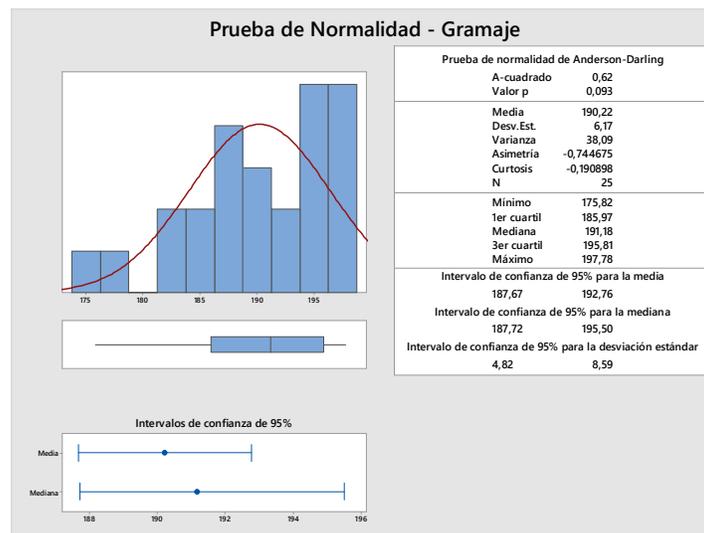
C.6 Contenido de humedad.



C.7 Ancho.



C.8 Gramaje.



Anexo D. Parámetros del proceso y límites de control para cada variable crítica.

D.1 Longitud de malla.

LONGITUD DE MALLA					
Parámetros del Proceso y Límites de Control					
CONSTANTES					
<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

LÍMITES DE CONTROL DIAGRAMA \bar{X}	
$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R} =$	0,317
$LC = \bar{X} =$	0,314
$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R} =$	0,311

LÍMITES DE CONTROL DIAGRAMA R	
$LCS = D_4\bar{R} =$	0,009
$LC = \bar{R} =$	0,004
$LCI = D_3\bar{R} =$	0,000

D.2 Defectos –Puntaje.

DEFECTOS - PUNTAJE					
Parámetros del Proceso y Límites de Control					
CONSTANTES					
<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

DIAGRAMA I	
$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	8,78
$LC = \bar{X} =$	3,80
$LCI = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	-1,18

DIAGRAMA RM	
$LCS = D_4\bar{R} =$	6,115
$LC = \bar{R} =$	1,872
$LCI = D_3\bar{R} =$	0,000

D.3 Tonalidad.

TONALIDAD									
Parámetros del Proceso y Límites de Control									
$\bar{p} = \frac{\sum c}{\sum n} \times 100 = 10$	$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(100-\bar{p})}{n}} = 6,71$								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #333333; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">DIAGRAMA I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">30,125</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LC = \bar{p} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">10,000</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LCL = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">-10,125</td> </tr> </tbody> </table>		DIAGRAMA I		$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}} =$	30,125	$LC = \bar{p} =$	10,000	$LCL = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}} =$	-10,125
DIAGRAMA I									
$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}} =$	30,125								
$LC = \bar{p} =$	10,000								
$LCL = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}} =$	-10,125								

D.4 Pick-up.

PICK-UP																					
Parámetros del Proceso y Límites de Control																					
CONSTANTES																					
n	A2	D3	D4	d2	E2																
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66																
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772																
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #333333; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">DIAGRAMA I</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">DIAGRAMA RM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">68,516</td> <td style="padding: 5px;">$LCS = D_4\bar{R} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">22,267</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LC = \bar{X} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">50,386</td> <td style="padding: 5px;">$LC = \bar{R} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">6,816</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="padding: 5px;">$LCL = \bar{X} - E_2\bar{R} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">32,255</td> <td style="padding: 5px;">$LCL = D_3\bar{R} =$</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">0,000</td> </tr> </tbody> </table>						DIAGRAMA I		DIAGRAMA RM		$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	68,516	$LCS = D_4\bar{R} =$	22,267	$LC = \bar{X} =$	50,386	$LC = \bar{R} =$	6,816	$LCL = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	32,255	$LCL = D_3\bar{R} =$	0,000
DIAGRAMA I		DIAGRAMA RM																			
$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	68,516	$LCS = D_4\bar{R} =$	22,267																		
$LC = \bar{X} =$	50,386	$LC = \bar{R} =$	6,816																		
$LCL = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	32,255	$LCL = D_3\bar{R} =$	0,000																		

D.5 Contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Parámetros del Proceso y Límites de Control					
CONSTANTES					
<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

DIAGRAMA I	
$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	2,954
$LC = \bar{X} =$	1,496
$LCI = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	0,037

DIAGRAMA RM	
$LCS = D_4\bar{R} =$	1,791
$LC = \bar{R} =$	0,548
$LCI = D_3\bar{R} =$	0,000

D.6 Ancho.

ANCHO					
Parámetros del Proceso y Límites de Control					
CONSTANTES					
<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

DIAGRAMA I	
$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	0,938
$LC = \bar{X} =$	0,908
$LCI = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	0,877

DIAGRAMA RM	
$LCS = D_4\bar{R} =$	0,038
$LC = \bar{R} =$	0,012
$LCI = D_3\bar{R} =$	0,000

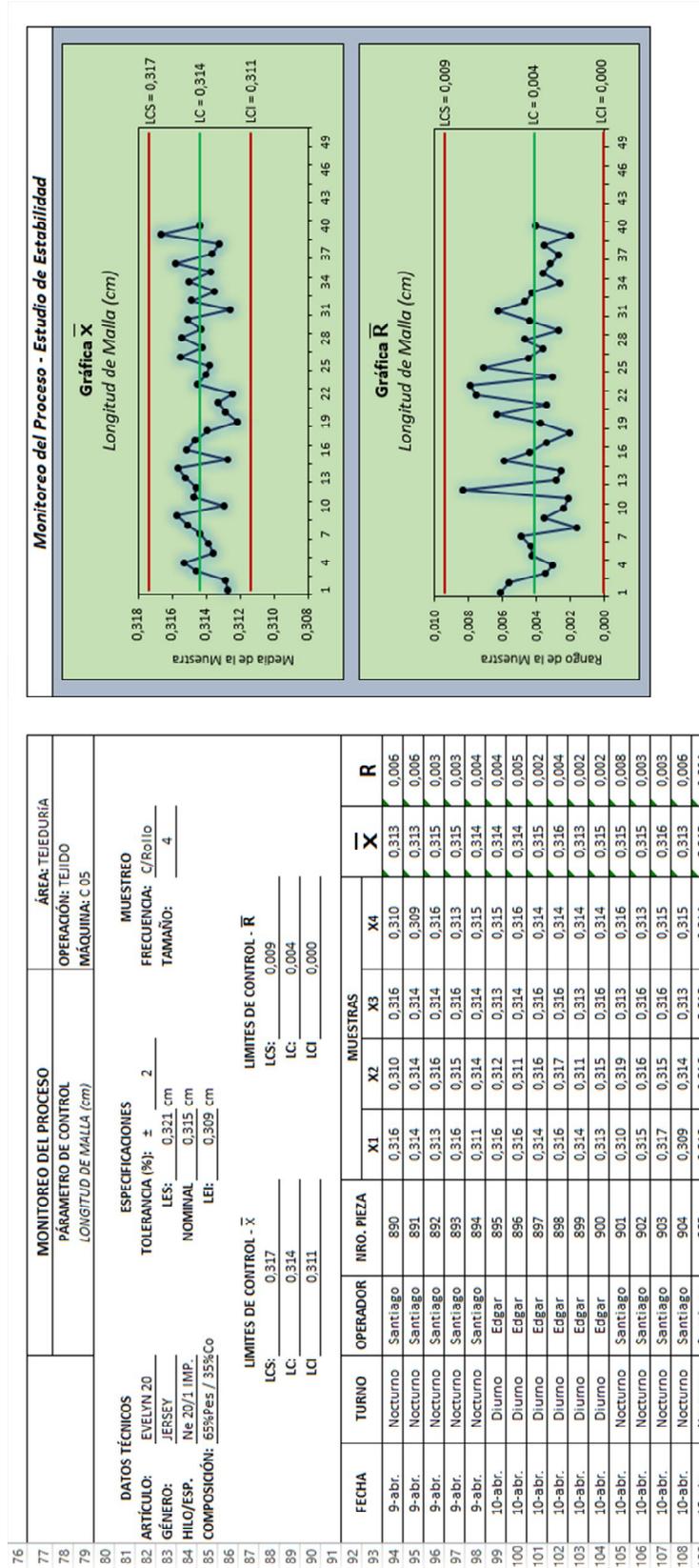
D.7 Gramaje.

GRAMAJE					
Parámetros del Proceso y Límites de Control					
CONSTANTES					
<i>n</i>	<i>A2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>d2</i>	<i>E2</i>
2	1,88	0	3,267	1,128	2,66
3	1,023	0	2,575	1,693	1,772
4	0,729	0	2,282	2,059	1,457

DIAGRAMA I	
$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} =$	205,358
$LC = \bar{X} =$	190,215
$LCI = \bar{X} - E_2\bar{R} =$	175,072

DIAGRAMA RM	
$LCS = D_4\bar{R} =$	18,598
$LC = \bar{R} =$	5,693
$LCI = D_3\bar{R} =$	0,000

Anexo E. Formato Excel desarrollado para monitorear las variables críticas.



Anexo F. Mediciones correspondiente a la etapa de control.

F.1 Longitud de malla.

				MONITOREO DEL PROCESO				ÁREA: TEJEDURÍA	
				PÁRAMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: TEJIDO	
				LONGITUD DE MALLA (cm)				MÁQUINA: C 05	
DATOS TÉCNICOS			ESPECIFICACIONES				MUESTREO		
ARTÍCULO:	EVELYN 20		TOLERANCIA (%): ± 2				FRECUENCIA: C/Rollo		
GÉNERO:	JERSEY		LES: 0,321 cm				TAMAÑO: 4		
HILO/ESP.	Ne 20/1 IMP.		NOMINAL 0,315 cm						
COMPOSICIÓN	65%Pes / 35%Co		LEI: 0,309 cm						
LIMITES DE CONTROL - \bar{X}				LIMITES DE CONTROL - \bar{R}					
LCS: 0,317				LCS: 0,009					
LC: 0,314				LC: 0,004					
LCI: 0,311				LCI: 0,000					
PARÁMETROS MAQUINARIA									
FONTURAS:	1		ALIMENTADORES: 102			# AGUJA: Vo-LS 141.52 G002			
DIAMETRO:	32 in		AGUJAS: 2424			Vo-LS 141.52 G004			
E:	24		# PLATINA: SNK 35.31 - 15 G 6			Vo-LS 141.52 G006			
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	MUESTRAS				\bar{X}	R
				X1	X2	X3	X4		
9-abr.	Nocturno	Santiago	890	0,316	0,310	0,316	0,310	0,313	0,006
9-abr.	Nocturno	Santiago	891	0,314	0,314	0,314	0,309	0,313	0,006
9-abr.	Nocturno	Santiago	892	0,313	0,316	0,314	0,316	0,315	0,003
9-abr.	Nocturno	Santiago	893	0,316	0,315	0,316	0,313	0,315	0,003
9-abr.	Nocturno	Santiago	894	0,311	0,314	0,314	0,315	0,314	0,004
10-abr.	Diurno	Edgar	895	0,316	0,312	0,313	0,315	0,314	0,004
10-abr.	Diurno	Edgar	896	0,316	0,311	0,314	0,316	0,314	0,005
10-abr.	Diurno	Edgar	897	0,314	0,316	0,316	0,314	0,315	0,002
10-abr.	Diurno	Edgar	898	0,316	0,317	0,316	0,314	0,316	0,004
10-abr.	Diurno	Edgar	899	0,314	0,311	0,313	0,314	0,313	0,002
10-abr.	Diurno	Edgar	900	0,313	0,315	0,316	0,314	0,315	0,002
10-abr.	Nocturno	Santiago	901	0,310	0,319	0,313	0,316	0,315	0,008
10-abr.	Nocturno	Santiago	902	0,315	0,316	0,316	0,313	0,315	0,003
10-abr.	Nocturno	Santiago	903	0,317	0,315	0,316	0,315	0,316	0,003
10-abr.	Nocturno	Santiago	904	0,309	0,314	0,313	0,315	0,313	0,006
10-abr.	Nocturno	Santiago	905	0,313	0,316	0,318	0,314	0,315	0,004
10-abr.	Nocturno	Santiago	906	0,315	0,315	0,316	0,313	0,315	0,003
10-abr.	Nocturno	Santiago	907	0,314	0,315	0,314	0,313	0,314	0,002
11-abr.	Diurno	Edgar	908	0,314	0,311	0,313	0,311	0,312	0,004
11-abr.	Diurno	Edgar	909	0,310	0,316	0,312	0,313	0,313	0,006
11-abr.	Diurno	Edgar	910	0,313	0,314	0,315	0,311	0,313	0,003
11-abr.	Diurno	Edgar	911	0,311	0,317	0,309	0,312	0,312	0,008
11-abr.	Diurno	Edgar	912	0,310	0,313	0,317	0,318	0,315	0,008
11-abr.	Nocturno	Santiago	913	0,314	0,312	0,315	0,314	0,314	0,003
11-abr.	Nocturno	Santiago	914	0,317	0,313	0,310	0,315	0,314	0,007
11-abr.	Nocturno	Santiago	915	0,315	0,318	0,314	0,316	0,316	0,005
11-abr.	Nocturno	Santiago	916	0,314	0,313	0,316	0,314	0,314	0,004
11-abr.	Nocturno	Santiago	917	0,318	0,314	0,314	0,315	0,315	0,005
11-abr.	Nocturno	Santiago	918	0,313	0,315	0,316	0,313	0,314	0,003
12-abr.	Diurno	Edgar	919	0,314	0,318	0,315	0,314	0,315	0,004
12-abr.	Diurno	Edgar	920	0,309	0,315	0,315	0,311	0,313	0,006
12-abr.	Diurno	Edgar	921	0,317	0,315	0,312	0,316	0,315	0,005
12-abr.	Diurno	Edgar	922	0,314	0,314	0,311	0,315	0,314	0,004
12-abr.	Diurno	Edgar	923	0,315	0,316	0,316	0,314	0,315	0,003
12-abr.	Diurno	Edgar	924	0,314	0,315	0,315	0,312	0,314	0,004
12-abr.	Nocturno	Santiago	925	0,316	0,314	0,318	0,315	0,316	0,003
12-abr.	Nocturno	Santiago	926	0,313	0,313	0,315	0,314	0,314	0,003
12-abr.	Nocturno	Santiago	927	0,312	0,315	0,313	0,312	0,313	0,004
12-abr.	Nocturno	Santiago	928	0,316	0,318	0,316	0,316	0,317	0,002
12-abr.	Nocturno	Santiago	929	0,312	0,314	0,316	0,315	0,314	0,004

F.2 Defectos - Puntaje.

		MONITOREO DEL PROCESO		ÁREA: TEJEDURÍA	
		PARÁMETRO DE CONTROL <i>PUNTAJE (puntos/100 yardas)</i>		OPERACIÓN: TEJIDO MÁQUINA: C 05	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA P-/100 yd:	<u>55</u>	FRECUENCIA:	<u>C/ROLLO</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>33</u> puntos	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL:	<u>0,000</u> puntos	Long. Rollo:	<u>60</u> yd
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>/</u>		
		LIMITES DE CONTROL - \bar{X}		LIMITES DE CONTROL - \bar{R}	
		LCS:	<u>8,779</u>	LCS:	<u>6,115</u>
		LC:	<u>3,800</u>	LC:	<u>1,872</u>
		LCI:	<u>0,000</u>	LCI:	<u>0,000</u>
PARÁMETROS MAQUINARIA					
FONTURAS:	<u>1</u>	ALIMENTADORES:	<u>102</u>	# AGUJA:	<u>Vo-LS 141.52 G002</u>
DIAMETRO:	<u>32 in</u>	AGUJAS:	<u>2424</u>		<u>Vo-LS 141.52 G004</u>
E:	<u>24</u>	# PLATINA:	<u>SNK 35.31-15 G 6</u>		<u>Vo-LS 141.52 G006</u>
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	I	R
12-abr.	Nocturno	Santiago	935	6	/
12-abr.	Nocturno	Santiago	936	5	1,000
12-abr.	Nocturno	Santiago	937	4	1,000
12-abr.	Nocturno	Santiago	938	2	2,000
12-abr.	Nocturno	Santiago	939	1	1,000
12-abr.	Nocturno	Santiago	940	0	1,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	941	1	1,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	942	4	3,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	943	2	2,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	944	4	2,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	945	3	1,000
13-abr.	Diurno	Ramiro	946	4	1,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	947	5	1,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	948	3	2,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	949	4	1,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	950	5	1,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	951	3	2,000
13-abr.	Nocturno	Santiago	952	4	1,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	953	5	1,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	954	2	3,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	955	1	1,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	956	0	1,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	957	3	3,000
14-abr.	Diurno	Ramiro	958	0	3,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	959	3	3,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	960	4	1,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	961	6	2,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	962	7	1,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	963	4	3,000
14-abr.	Nocturno	Santiago	964	5	1,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	965	3	2,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	966	2	1,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	967	4	2,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	968	3	1,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	969	5	2,000
15-abr.	Diurno	Ramiro	970	6	1,000
15-abr.	Nocturno	Santiago	971	3	3,000
15-abr.	Nocturno	Santiago	972	5	2,000
15-abr.	Nocturno	Santiago	973	1	4,000
15-abr.	Nocturno	Santiago	974	0	1,000

F.3 Tonalidad.

MONITOREO DEL PROCESO		ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL <i>TONALIDAD</i>		OPERACIÓN: TEÑIDO MAQUINARIA: OVERFLOWS	
FRECUENCIA: <u>Diaria</u>	LIMITES DE CONTROL - p		
TAMAÑO: <u>20</u>	LCS: <u>30,125</u>		
	LC: <u>10,000</u>		
	LCI: <u>0,000</u>		
FECHA/DÍA	PIEZAS INSPECCIONADA	PIEZAS DEFECTUOSAS	PORCIÓN DEFECTUOSA %
8-may.	20	2	10
9-may.	20	3	15
10-may.	20	5	25
11-may.	20	6	30
12-may.	20	0	0
13-may.	20	1	5
14-may.	20	1	5
15-may.	20	3	15
16-may.	20	0	0
17-may.	20	2	10
18-may.	20	2	10
19-may.	20	5	25
20-may.	20	3	15
21-may.	20	3	15
22-may.	20	3	15
23-may.	20	4	20
24-may.	20	1	5
25-may.	20	4	20
26-may.	20	4	20
27-may.	20	1	5
28-may.	20	1	5
29-may.	20	1	5
30-may.	20	0	0
31-may.	20	2	10
1-jun.	20	3	15
2-jun.	20	1	5
3-jun.	20	3	15
4-jun.	20	3	15
5-jun.	20	4	20
6-jun.	20	2	10

F.4 Pick-up.

MONITOREO DEL PROCESO				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL PICK-UP (%)				O.: IMPREGNACION Y EXTRACCION MÁQUINA: HIDROEXTRACTORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 5</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>80,0 %</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL:	<u>75,0 %</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>70,0 %</u>		
LIMITES DE CONTROL - \bar{X}			LIMITES DE CONTROL - \bar{R}		
	LCS:	<u>68,516</u>		LCS:	<u>22,267</u>
	LC:	<u>50,386</u>		LC:	<u>6,816</u>
	LCI:	<u>32,255</u>		LCI:	<u>0,000</u>
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	I	R
13-sep	Diurno	Edison	17-2934	45,90	/
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2958	47,65	1,75
14-sep	Diurno	Edison	17-2920	44,55	3,10
14-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2926	50,62	6,07
14-sep	Diurno	Edison	17-2929	49,86	0,76
14-sep	Diurno	Edison	17-2927	46,95	2,91
14-sep	Diurno	Edison	17-2935	48,23	1,28
14-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2919	49,54	1,31
28-sep	Diurno	Edison	17-3127	40,39	9,15
28-sep	Diurno	Edison	17-3130	54,83	14,44
06-oct	Nocturno	Edison	17-3288	37,16	17,67
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3289	53,56	16,40
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3291	54,92	1,36
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3292	53,52	1,40
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3290	45,35	8,17
10-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3314	38,99	6,36
16-oct	Diurno	Jhonatan	17-3313	43,88	4,89
16-oct	Diurno	Jhonatan	17-3371	43,22	0,66
17-oct	Nocturno	Edison	17-3370	45,51	2,29
19-oct	Diurno	Jhonatan	17-3415	57,40	11,89
19-oct	Nocturno	Edison	17-3416	46,03	11,37
20-oct	Nocturno	Edison	17-3452	32,45	13,58
20-oct	Nocturno	Edison	17-3436	56,57	24,12
22-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3475	43,12	13,45
23-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3525	50,14	7,02
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3545	52,50	2,36
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3555	47,74	4,76
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3554	35,35	12,39
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3538	37,06	1,71
26-oct	Diurno	Edison	17-3556	53,10	16,04
26-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3590	47,85	5,25
26-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3589	40,52	7,33
27-oct	Diurno	Edison	17-3591	43,39	2,87
28-oct	Diurno	Edison	17-3609	52,53	9,14
28-oct	Diurno	Edison	17-3604	51,49	1,04
28-oct	Diurno	Edison	17-3606	47,76	3,73
30-oct	Diurno	Jhonatan	17-3624	65,90	18,14
30-oct	Nocturno	Edison	17-3614	57,50	8,40
30-oct	Nocturno	Edison	17-3621	58,00	0,50
31-oct	Diurno	Jhonatan	17-3620	53,06	4,94

F.5 Contenido de humedad.

MONITOREO DEL PROCESO				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: SECADO	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				MÁQUINA: SECADORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 1</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>4,06 %</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL	<u>3,06 %</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>2,06 %</u>		
LIMITES DE CONTROL - \bar{X}			LIMITES DE CONTROL - \bar{R}		
LCS:	<u>2,954</u>	LCS:	<u>1,791</u>		
LC:	<u>1,496</u>	LC:	<u>0,548</u>		
LCI:	<u>0,037</u>	LCI:	<u>0,000</u>		
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	I	R
13-sep	Diurno	Edison	17-2934	1,57	/
13-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2958	1,64	0,07
14-sep	Diurno	Edison	17-2920	1,63	0,01
14-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2926	0,92	0,71
14-sep	Diurno	Edison	17-2929	1,79	0,87
14-sep	Diurno	Edison	17-2927	1,39	0,40
14-sep	Diurno	Edison	17-2935	2,18	0,79
14-sep	Nocturno	Jhonatan	17-2919	1,41	0,77
28-sep	Diurno	Edison	17-3127	1,23	0,18
28-sep	Diurno	Edison	17-3130	0,72	0,51
06-oct	Nocturno	Edison	17-3288	0,10	0,62
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3289	2,39	2,29
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3291	0,96	1,43
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3292	1,91	0,95
07-oct	Diurno	Jhonatan	17-3290	1,22	0,69
10-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3314	0,73	0,49
16-oct	Diurno	Jhonatan	17-3313	1,25	0,52
16-oct	Diurno	Jhonatan	17-3371	1,67	0,42
17-oct	Nocturno	Edison	17-3370	1,65	0,02
19-oct	Diurno	Jhonatan	17-3415	1,50	0,15
19-oct	Nocturno	Edison	17-3416	1,89	0,39
20-oct	Nocturno	Edison	17-3452	1,48	0,41
20-oct	Nocturno	Edison	17-3436	1,57	0,09
22-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3475	1,18	0,39
23-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3525	0,90	0,28
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3545	0,40	0,50
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3555	0,12	0,28
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3554	1,30	1,18
25-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3538	1,99	0,69
26-oct	Diurno	Edison	17-3556	1,47	0,52
26-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3590	1,57	0,10
26-oct	Nocturno	Jhonatan	17-3589	1,84	0,27
27-oct	Diurno	Edison	17-3591	2,07	0,23
28-oct	Diurno	Edison	17-3609	1,68	0,39
28-oct	Diurno	Edison	17-3604	2,11	0,43
28-oct	Diurno	Edison	17-3606	1,21	0,90
30-oct	Diurno	Jhonatan	17-3624	1,48	0,27
30-oct	Nocturno	Edison	17-3614	1,46	0,02
30-oct	Nocturno	Edison	17-3621	0,65	0,81
31-oct	Diurno	Jhonatan	17-3620	1,68	1,03

F.6 Ancho.

MONITOREO DEL PROCESO				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: COMPACTADO	
ANCHO (m)				MÁQUINA: COMPACTADORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	EVELYN 20	TOLERANCIA (%):	± 0,02	FRECUENCIA:	C/OP
GÉNERO:	JERSEY	LES:	0,92 m	TAMAÑO:	1
HILO/ESP.	Ne 20/1 IMP.	NOMINAL	0,90 m		
COMPOSICIÓN:	65%Pes / 35%Co	LEI:	0,88 m		
LIMITES DE CONTROL - \bar{X}			LIMITES DE CONTROL - \bar{R}		
	LCS:	0,938		LCS:	0,038
	LC:	0,908		LC:	0,012
	LCI:	0,877		LCI:	0,000
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	I	R
13-sep	Diurno	Jhony	17-2934	0,910	/
13-sep	Nocturno	José Luis	17-2958	0,905	0,01
14-sep	Diurno	Jhony	17-2920	0,920	0,02
14-sep	Nocturno	José Luis	17-2926	0,915	0,01
14-sep	Diurno	Jhony	17-2929	0,910	0,01
14-sep	Diurno	Jhony	17-2927	0,900	0,01
14-sep	Diurno	Jhony	17-2935	0,910	0,01
14-sep	Nocturno	Jhony	17-2919	0,915	0,01
28-sep	Diurno	Jhony	17-3127	0,920	0,01
28-sep	Diurno	Jhony	17-3130	0,918	0,00
06-oct	Nocturno	Jhony	17-3288	0,920	0,00
07-oct	Diurno	José Luis	17-3289	0,914	0,01
07-oct	Diurno	José Luis	17-3291	0,910	0,00
07-oct	Diurno	José Luis	17-3292	0,896	0,01
07-oct	Diurno	José Luis	17-3290	0,910	0,01
10-oct	Nocturno	José Luis	17-3314	0,920	0,01
16-oct	Diurno	Alex	17-3313	0,920	0,00
16-oct	Diurno	Alex	17-3371	0,924	0,00
17-oct	Nocturno	Jhony	17-3370	0,920	0,00
19-oct	Diurno	José Luis	17-3415	0,905	0,02
19-oct	Nocturno	Jhony	17-3416	0,910	0,01
20-oct	Nocturno	Jhony	17-3452	0,934	0,02
20-oct	Nocturno	Jhony	17-3436	0,920	0,01
22-oct	Nocturno	José Luis	17-3475	0,891	0,03
23-oct	Nocturno	José Luis	17-3525	0,925	0,03
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3545	0,913	0,01
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3555	0,908	0,01
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3554	0,906	0,00
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3538	0,910	0,00
26-oct	Diurno	Jhony	17-3556	0,920	0,01
26-oct	Nocturno	José Luis	17-3590	0,893	0,03
26-oct	Nocturno	José Luis	17-3589	0,886	0,01
27-oct	Diurno	Jhony	17-3591	0,885	0,00
28-oct	Diurno	Jhony	17-3609	0,892	0,01
28-oct	Diurno	Jhony	17-3604	0,887	0,01
28-oct	Diurno	Jhony	17-3606	0,883	0,00
30-oct	Diurno	José Luis	17-3624	0,903	0,02
30-oct	Nocturno	Jhony	17-3614	0,888	0,02
30-oct	Nocturno	Jhony	17-3621	0,899	0,01
31-oct	Diurno	José Luis	17-3620	0,889	0,01

F.7 Gramaje.

MONITOREO DEL PROCESO				ÁREA: TINTORERÍA Y ACABADOS	
PARÁMETRO DE CONTROL				OPERACIÓN: COMPACTADO	
GRAMAJE (g/m ²)				MÁQUINA: COMPACTADORA	
DATOS TÉCNICOS		ESPECIFICACIONES		MUESTREO	
ARTÍCULO:	<u>EVELYN 20</u>	TOLERANCIA (%):	<u>± 7</u>	FRECUENCIA:	<u>C/OP</u>
GÉNERO:	<u>JERSEY</u>	LES:	<u>198,15 g/m²</u>	TAMAÑO:	<u>1</u>
HILO/ESP.	<u>Ne 20/1 IMP.</u>	NOMINAL:	<u>185,19 g/m²</u>		
COMPOSICIÓN:	<u>65%Pes / 35%Co</u>	LEI:	<u>172,23 g/m²</u>		
LIMITES DE CONTROL - \bar{X}			LIMITES DE CONTROL - \bar{R}		
	LCS:	<u>205,358</u>		LCS:	<u>18,598</u>
	LC:	<u>190,215</u>		LC:	<u>5,693</u>
	LCI:	<u>175,072</u>		LCI:	<u>0,000</u>
FECHA	TURNO	OPERADOR	NRO. PIEZA	I	R
13-sep	Diurno	Jhony	17-2934	190,25	/
13-sep	Nocturno	José Luis	17-2958	200,18	9,93
14-sep	Diurno	Jhony	17-2920	178,65	21,53
14-sep	Nocturno	José Luis	17-2926	188,60	9,95
14-sep	Diurno	Jhony	17-2929	192,80	4,20
14-sep	Diurno	Jhony	17-2927	192,20	0,60
14-sep	Diurno	Jhony	17-2935	195,33	3,13
14-sep	Nocturno	Jhony	17-2919	191,65	3,67
28-sep	Diurno	Jhony	17-3127	207,33	15,68
28-sep	Diurno	Jhony	17-3130	196,93	10,40
06-oct	Nocturno	Jhony	17-3288	187,78	9,15
07-oct	Diurno	José Luis	17-3289	195,03	7,25
07-oct	Diurno	José Luis	17-3291	187,90	7,13
07-oct	Diurno	José Luis	17-3292	206,38	18,48
07-oct	Diurno	José Luis	17-3290	195,98	10,40
10-oct	Nocturno	José Luis	17-3314	185,00	10,98
16-oct	Diurno	Alex	17-3313	178,40	6,60
16-oct	Diurno	Alex	17-3371	185,45	7,05
17-oct	Nocturno	Jhony	17-3370	178,38	7,07
19-oct	Diurno	José Luis	17-3415	176,28	2,10
19-oct	Nocturno	Jhony	17-3416	182,85	6,57
20-oct	Nocturno	Jhony	17-3452	180,87	1,98
20-oct	Nocturno	Jhony	17-3436	203,18	22,31
22-oct	Nocturno	José Luis	17-3475	182,15	21,03
23-oct	Nocturno	José Luis	17-3525	184,08	1,92
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3545	181,85	2,22
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3555	178,75	3,10
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3554	177,83	0,93
25-oct	Nocturno	José Luis	17-3538	184,38	6,55
26-oct	Diurno	Jhony	17-3556	187,88	3,50
26-oct	Nocturno	José Luis	17-3590	181,73	6,15
26-oct	Nocturno	José Luis	17-3589	187,13	5,40
27-oct	Diurno	Jhony	17-3591	187,08	0,05
28-oct	Diurno	Jhony	17-3609	184,85	2,22
28-oct	Diurno	Jhony	17-3604	171,63	13,23
28-oct	Diurno	Jhony	17-3606	188,93	17,30
30-oct	Diurno	José Luis	17-3624	181,43	7,50
30-oct	Nocturno	Jhony	17-3614	184,10	2,67
30-oct	Nocturno	Jhony	17-3621	187,83	3,72
31-oct	Diurno	José Luis	17-3620	182,20	5,63

Anexo G. Índices de capacidad para cada variable.

G.1 Longitud de malla.

LONGITUD DE MALLA Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} =$ <input type="text" value="0,001989"/>		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} =$ <input type="text" value="0,0019"/>
$C_p =$ <input type="text" value="1,01"/>	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p =$ <input type="text" value="1,03"/>
$C_{pi} =$ <input type="text" value="0,90"/> $C_{ps} =$ <input type="text" value="1,11"/> $C_{pk} =$ <input type="text" value="0,90"/>	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} =$ Menor valor entre C_{pi} y C_{ps}	$P_{pi} =$ <input type="text" value="0,92"/> $P_{ps} =$ <input type="text" value="1,14"/> $P_{pk} =$ <input type="text" value="0,92"/>
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} =$ <input type="text" value="0,98"/>

G.2 Defectos – Puntaje.

DEFECTOS - PUNTAJE Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} =$ <input type="text" value="1,659393"/>		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} =$ <input type="text" value="1,9768"/>
$C_p =$ <input type="text" value=""/>	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p =$ <input type="text" value=""/>
$C_{pi} =$ <input type="text" value=""/> $C_{ps} =$ <input type="text" value="5,87"/> $C_{pk} =$ <input type="text" value=""/>	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} =$ Menor valor entre C_{pi} y C_{ps}	$P_{pi} =$ <input type="text" value=""/> $P_{ps} =$ <input type="text" value="4,92"/> $P_{pk} =$ <input type="text" value=""/>
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} =$ <input type="text" value="2,57"/>

G.3 Pick-up.

PICK-UP Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 6,042405$		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 5,0868$
$C_p = 0,28$	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p = 0,328$
$C_{pi} = -1,08$	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} = \text{Menor valor entre } C_{pi} \text{ y } C_{ps}$	$P_{pi} = -1,29$
$C_{ps} = 1,63$		$P_{ps} = 1,94$
$C_{pk} = -1,08$		$P_{pk} = -1,285$
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} = 0,07$

G.4 Contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,486111$		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,4827$
$C_p = 0,69$	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p = 0,690$
$C_{pi} = -0,39$	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} = \text{Menor valor entre } C_{pi} \text{ y } C_{ps}$	$P_{pi} = -0,39$
$C_{ps} = 1,76$		$P_{ps} = 1,77$
$C_{pk} = -0,39$		$P_{pk} = -0,390$
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} = 0,20$

G.5 Ancho.

ANCHO Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,010195$		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,0128$
$C_p = 0,65$	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p = 0,522$
$C_{pi} = 0,91$ $C_{ps} = 0,40$ $C_{pk} = 0,40$	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} = \text{Menor valor entre } C_{pi} \text{ y } C_{ps}$	$P_{pi} = 0,72$ $P_{ps} = 0,32$ $P_{pk} = 0,320$
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} = 0,45$

G.5 Gramaje.

GRAMAJE Estudio de Capacidad		
CORTO PLAZO:		LARGO PLAZO:
$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = 5,046727$		$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 6,1716$
$C_p = 0,86$	Índice de Capacidad Potencial $C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$	$P_p = 0,700$
$C_{pi} = 1,19$ $C_{ps} = 0,52$ $C_{pk} = 0,52$	Índice de Real $C_{pi} = \frac{\mu - LEI}{3\sigma}$ $C_{ps} = \frac{LES - \mu}{3\sigma}$ $C_{pk} = \text{Menor valor entre } C_{pi} \text{ y } C_{ps}$	$P_{pi} = 0,97$ $P_{ps} = 0,43$ $P_{pk} = 0,429$
	Índice de Taguchi $C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau}$ $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$	$C_{pm} = 0,54$