

# 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.

BENAVIDES PORTILLA EDUARDO ANDRÉS

Universidad Técnica del Norte  
Carrera de Ingeniería Textil

eabenavidesp@utn.edu.ec

## Resumen.

*El presente proyecto investiga, desarrolla y aplica 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 el 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 para cumplir con requerimientos e identificación de las posibles fuentes de variación que generan desajustes.*

## Palabras Claves

Control Estadístico, Calidad, Tejido de Punto.

**Abstract.** *The present project carried out the research, development and application of a quality 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 stability of operation, ability to meet requirements and identification of possible sources of variation that generate imbalances.*

## Keywords

Statistical Control, Quality, Knitting.

de una organización es cada vez más importante [1]. Ante esta situación [2] (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 [3] (1993) afirma que los métodos estadísticos son para muchas empresas desconocidos, o en el mejor de los casos infrutilizados.

Actualmente “Texco S.A.” denominada así por motivos de seguridad; 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. Impidiendo además que 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. Indudablemente este tipo de control genera pérdidas económicas por re-procesos y repercusión en los objetivos que desea alcanzar la empresa. Impidiendo además.

El proyecto de investigación tiene como finalidad aplicar un nuevo esquema de control en la empresa “Texco S.A.” que permita realizar un seguimiento del funcionamiento con el que se desarrollan de 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 que generan inestabilidad y disminución del nivel de calidad exigido en el tejido resultante.

## 1. Introducción

Como consecuencia de los avances en la industria y la modernización de la sociedad, el control de calidad dentro

## 2. Materiales y Métodos

### Control Estadístico de Procesos CEP

En todo proceso industrial por muy bien regulado que se encuentre las variaciones siempre están presentes; es preciso pues identificar las causas que las generan 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 en base a la prevención y minimización de la variación de los procesos, ayuda a establecer y asegurar los objetivos deseados, permitiendo a la vez conseguir, mantener y mejorar procesos estables y capaces [4].

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 [5].

### Variación

Los procesos siempre presentan variación debido a que en el intervienen diferentes 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 puesto que a través del tiempo son susceptibles de desajustes, fallas, cambios, desgastes, descuidos, etc. Existen variaciones debidas a causas comunes o inherentes al sistema; y causas especiales que pueden ser identificadas y eliminadas [6].

### Diagramas de Control

[7] (2006) definen el diagrama de control como un gráfico en el que se representa el comportamiento de un proceso a través del tiempo con el objetivo de 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.

### 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 [8].

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  $W$  [6].

### 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 [9].

Los 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 [10].

### Determinación y monitoreo de las variables

Para los fines pretendidos en el contexto se establecieron como variables críticas: longitud de malla, defectos, tonalidad, pick-up, contenido de humedad, ancho y gramaje. El trabajo se divide en cinco fases:

1ª fase: tamaño y frecuencia de muestreo.

Esta fase define de los parámetros con los cuales se registrará la recolección de datos.

2ª fase: toma y análisis de datos

Esta fase mide y recolecta datos mismos que deben provenir de una población aproximadamente normal.

3ª fase: caracterización de la producción.

Esta fase determina los parámetros de las variables y límites de control.

4ª fase: monitorización de los procesos.

Esta fase estudia la estabilidad del proceso e identifica la presencia de causas especiales de variación que generen desajustes.

5ª fase: Estudio de capacidad.

Esta fase estudia la aptitud de los procesos para cumplir con los requerimientos.

### 3. Resultados

Las mediciones y estudio de los procesos corresponden a dos meses de producción en condiciones habituales de trabajo. En la tabla 1 se presenta las pruebas de normalidad correspondientes a la etapa inicial; de lo que se determinó que todas las variables corresponden a una población aproximadamente normal, con un Valor  $P \geq 0.05$ .

VARIABLE	AD	Valor P
Longitud de malla	0,37	0,418
Defectos	0,88	0,079
Tonalidad	0,73	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

**Tabla 1.** Prueba de normalidad.

Los parámetros de las variables como medidas de tendencia central y medidas de dispersión se presentan en la tabla 2.

VARIABLE	Tendencia Central			Dispersión		
	$\bar{x}$	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{p}$	$\overline{MR}$	$\bar{R}$	$\sigma_{\bar{p}}$
Longitud 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	-	-

**Tabla 2.** Parámetros de las variables.

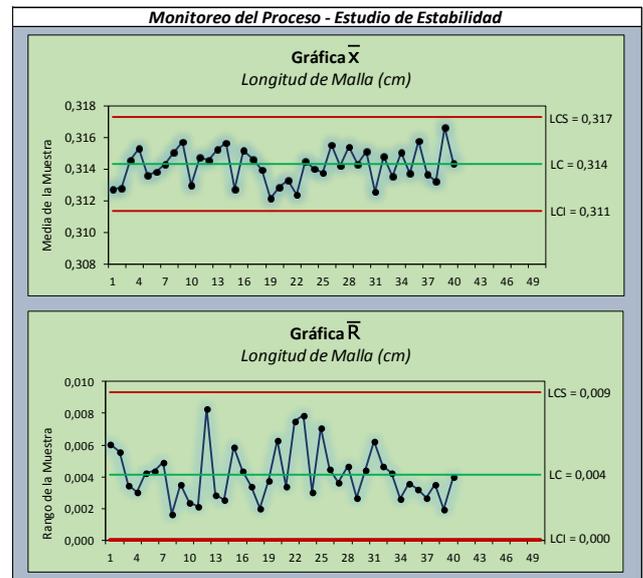
En la tabla 3 se presentan los límites de control correspondientes a cada una de las variables.

VARIABLE	Límites de control Media			Límites de Control Rango		
	LCS	LC	LCI	LCS	LC	LCI
Longitud Malla	0,321	0,313	0,305	0,025	0,011	0
Defectos	8,78	3,8	0	6,115	1,872	0
Tonalidad	30,12	10,00	0	-	-	-
Pick-up	68,51	50,38	32,25	22,26	6,81	0
C. Humedad	2,954	1,496	0,037	1,791	0,54	0
Ancho	0,938	0,908	0,877	0,038	0,012	0
Gramaje	205,3	190,2	175,0	18,59	5,69	0

**Tabla 3.** Límites de control.

Los diagramas de control correspondientes a la etapa de control o monitoreo de las variables se presentan en las figuras de la 1 a la 7, en el siguiente orden:

Longitud de malla: la variable presentó 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.



**Figura 1.** Estabilidad longitud de malla.

Defectos (puntaje): la variable presentó 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. 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.

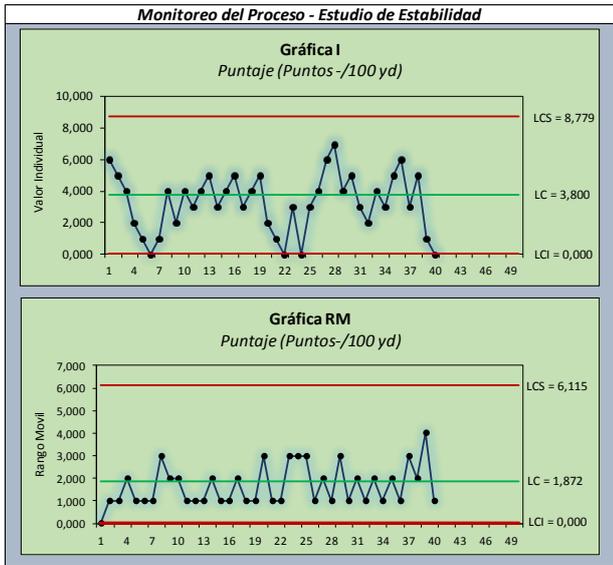


Figura 2. Estabilidad defectos (puntaje).

Tonalidad: La variable presentó un comportamiento no aleatorio con tendencia ascendente acercándose al límite de control superior, debido a la falta de verificación del pH en el baño de tintura y peso equivoco de colorantes.



Figura 3. Estabilidad tonalidad.

Pick-up: la variable presentó un comportamiento estable con un único punto sobre el límite inferior de control, por aumento de presión en los rodillos de extracción, lo que genera una extracción excesiva del suavizante.

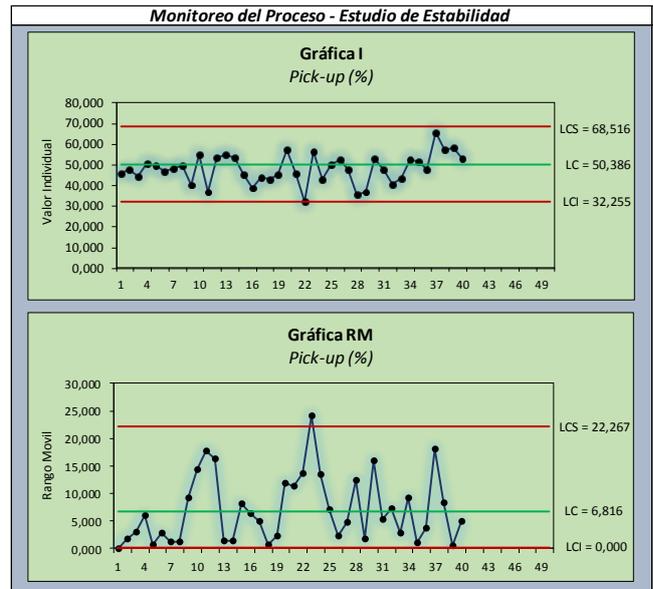


Figura 4. Estabilidad pick-up.

Contenido de humedad: la variable presentó comportamientos no aleatorios con tendencia a descender, debido a fluctuaciones de temperatura y vapor de agua.

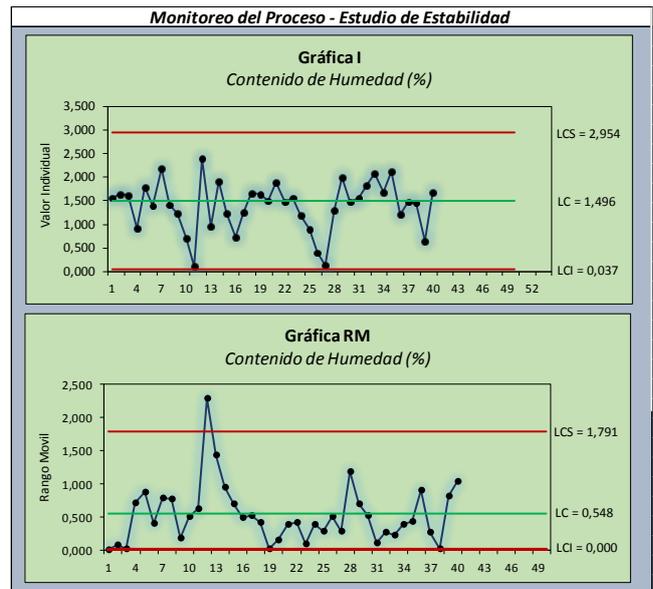


Figura 5. Estabilidad contenido de humedad.

Ancho: la variable presentó un comportamiento no aleatorio, mostrando un desplazamiento del promedio por debajo del límite central de control. Debido a la falta de estandarización del proceso

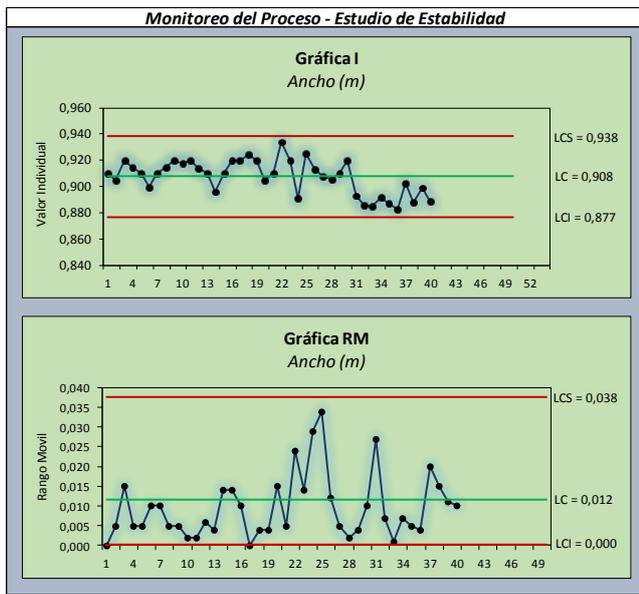


Figura 6. Estabilidad ancho.

Gramaje: la variable presentó un comportamiento inestable con observaciones fuera de los límites de control, 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.

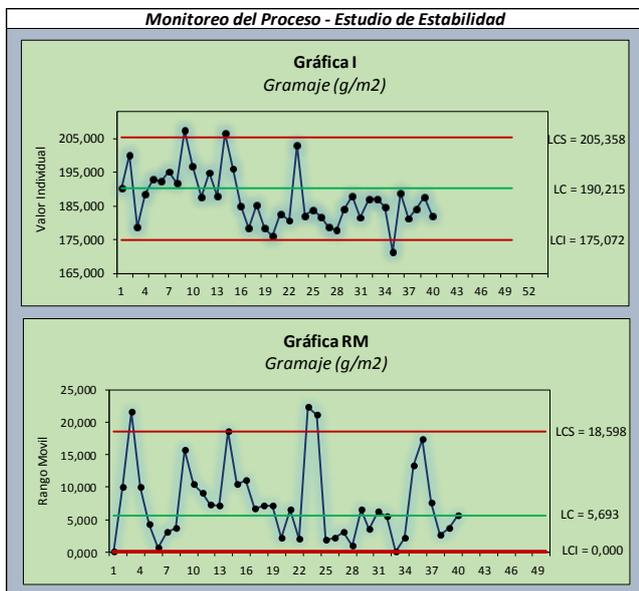


Figura 7. Estabilidad gramaje.

Una vez identificadas y eliminadas las fuentes de variación es posible mantener los procesos bajo control estadístico y por ende estudiar la capacidad para cumplir con las especificaciones. Las especificaciones de cada variable se presentan en la tabla 4, mientras que los resultados correspondientes a los índices de capacidad se indican en la tabla 5.

VARIABLE	Límites de Especificación		
	LES	LEC	LEI
Longitud de malla (cm)	0,321	0,315	0,309
Defectos (puntos/100 yd)	33	0	-
Tonalidad (%)	-	-	-
Pick-up (%)	80	75	70
Contenido Humedad (%)	4,06	3,06	2,06
Ancho (m)	0,92	0,90	0,88
Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	198,15	185,19	172,23

Tabla 4. Límites de especificación.

VARIABLE	Corto Plazo		Largo Plazo		
	C <sub>p</sub>	C <sub>pk</sub>	P <sub>p</sub>	P <sub>pk</sub>	C <sub>pm</sub>
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

Tabla 5. Resultados índices de capacidad.

## 4. Conclusiones

Se identificaron las principales variables que son críticas para los procesos de tejeduría, tintorería, impregnación y/o exprimido, secado y compactado. Indicando hacia donde se deben encaminar los esfuerzos en el control de las operaciones de la empresa.

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.

Mediante la aplicación de diagramas de control 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 se determinó que la principal causa de variación de los procesos de tintorería, secado y compactado es la falta de estandarización.

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.

## Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento al MSc. Fernando Fierro por la guía y apoyo brindado en la realización del presente proyecto.

## Referencias Bibliográficas

- [1] ISHIKAWA, K. (1994). Introducción al Control de Calidad. Madrid: Diaz de Santos.
- [2] MONTGOMERY, D. (2007). Control Estadístico de la Calidad. México: Limusa S.A.
- [3] POLA MASEDA, Á. (1993). Aplicación de la Estadística al Control de Calidad. Barcelona: Publicaciones Marcombo.
- [4] 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](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/121001/2016periodo_4/Control_estadistico_procesos-Bureau.pdf)
- [5] 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](http://www.camarafp.org/portal/index.php/empresas/documentos/.../500.../download.html)
- [6] GUTIÉRREZ PULIDO, H., & DE LA VARA SALAZAR, R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (Segunda ed.). México: McGraw-Hill Educación.
- [7] 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.
- [8] DUNCAN, A. (1989). Control de Calidad y Estadística Industrial. México: Alfaomega.
- [9] GUTIÉRREZ PULIDO, H. (2010). Calidad Total y Productividad (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.
- [10] BARBOSA CORREA, R. (2016). Monitoreo y Análisis Estadístico de Procesos con Aplicaciones. Barranquilla: Universidad del Norte.

## Sobre los Autores...

Eduardo BENAVIDES, Carrera de Ingeniería Textil,  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad  
Técnica del Norte.