

Cálculo de varianza para el análisis visual de texturas textiles

¹Santiago Herrera Guevara

²Israel Rivera Zárate, M. en C.

³Jacobo Sandoval Gutiérrez, Dr.

Instituto Politécnico Nacional

¹Escuela Superior de Ingeniería Textil

²Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo

³Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Lerma

sherreraq2200@alumno.ipn.mx
irivera@ipn.mx

santoscocoy.herrera@gmail.com
j.sandoval@correo.ler.uam.mx

Referencia de este artículo [1].

RESUMEN

Este proyecto presenta el desarrollo de un programa de cómputo para el análisis preliminar de texturas textiles, basado en el cálculo de la varianza en imágenes en escala de grises. La aplicación, desarrollada en Visual Basic con Windows Forms, permite procesar imágenes de telas para estimar el tipo de textura (lisa, media o marcada) de forma automática.

El sistema facilita una evaluación objetiva y rápida, ideal para contextos educativos o de prototipado. Se identificó que la calidad de la imagen, especialmente la resolución, el enfoque y la iluminación, influyen significativamente en los resultados obtenidos. La propuesta no requirió del uso de algoritmos de inteligencia artificial, ya que el objetivo fue demostrar que una técnica estadística sencilla como la varianza puede ofrecer resultados funcionales y accesibles sin requerir altos recursos computacionales.

ABSTRACT

This project presents the development of a computer program for the preliminary analysis of textile textures based on the calculation of variance in grayscale images. The application, developed in Visual Basic using Windows Forms, processes fabric images to automatically estimate whether the texture is smooth, medium, or marked.

The system provides fast and objective evaluations, ideal for educational or prototyping contexts. The results are strongly influenced by image quality, particularly resolution, focus, and lighting conditions. Although the tool performed well with most samples, no artificial intelligence algorithms were required, as the statistical approach proved sufficient for the scope and objectives of the current implementation.

1. Introducción

El análisis de texturas en imágenes digitales es una herramienta muy valiosa en bastantes sectores, tanto industriales como científicos. En la industria textil, por ejemplo, resulta clave para controlar la calidad, inspeccionar visualmente los materiales o clasificar diferentes tipos de superficies.

Entre todas las formas estadísticas que existen para describir la textura de una imagen, la varianza es de las más prácticas: es rápida de calcular, consume pocos recursos y mide muy bien cuánto se dispersan los tonos de gris en la imagen.

La varianza tonal (que es la que usamos en este trabajo) ofrece una manera objetiva y directa de interpretar la textura de una superficie. En telas lisas y suaves, como la seda o el satén, los niveles de gris apenas varían, así que la varianza sale baja. En cambio, tejidos con estructuras más complejas, como la mezcilla, los brocados o telas con relieve, generan mucho más contraste y, por lo tanto, una varianza bastante más alta. Gracias a esta relación, ya con sólo mirar el valor de la varianza podemos hacernos una idea bastante buena del tipo de textura que tiene la tela, sin necesidad de estar evaluándola a mano todo el tiempo.

Justamente por eso este proyecto busca automatizar ese análisis. Se desarrolló una herramienta sencilla en Visual Basic que permite cargar fotos de muestras textiles, pasarlas a escala de grises y calcular su varianza. Con ese número, el programa compara el resultado contra una tabla de referencia (que se construyó analizando muchas telas representativas de distintos grupos) y decide si la textura es lisa, media o marcada (más rugosa).

Es cierto que hoy en día los modelos de inteligencia artificial logran clasificar imágenes con mucha precisión, pero necesitan entrenamiento previo, grandes bases de datos etiquetadas y recursos de cómputo considerables. Por eso se prefirió un enfoque más ligero y económico, que funciona muy bien para análisis rápidos, revisiones preliminares o para usarse en lugares donde no hay equipos de cómputo sofisticados.

Para que los resultados sean confiables, las fotos de las telas deben cumplir ciertas condiciones: buena resolución, iluminación pareja (sin sombras marcadas), enfoque nítido y, preferentemente, tomada en ángulo perpendicular a la tela.

La herramienta tiene una interfaz simple e intuitiva: el usuario ve la imagen original, la procesada, el valor numérico de la varianza y, al final, la categoría de textura que el sistema asignó.

2. Trabajos relacionados

El análisis de texturas en imágenes digitales se ha convertido en una técnica muy usada para describir y caracterizar superficies, con aplicaciones directas en la inspección de telas, la clasificación de materiales y el control de calidad en la industria. Entre todas las métricas estadísticas que se emplean para esto, la varianza es una de las favoritas por su sencillez y eficacia: básicamente mide cuánto se dispersan los niveles de gris en la imagen. Cuando se aplica a fotos de tejidos, esta métrica deja ver bastante claro el grado de uniformidad o rugosidad de la superficie. Por ejemplo, telas suaves como la seda suelen dar valores de varianza bajos porque los tonos son muy parecidos entre sí; en cambio, tejidos más complejos, como la

mezclilla o los brocados, generan mucho más contraste y, por lo tanto, una varianza bastante más alta. Esto abre la puerta a evaluaciones preliminares objetivas, sin tener que echar mano de métodos más complicados.

Varios estudios han explorado precisamente enfoques estadísticos para automatizar este tipo de análisis de texturas. Por ejemplo, Kekre y colaboradores propusieron usar matrices de co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM, por sus siglas en inglés) para captar patrones y variaciones tonales en imágenes de telas. Con parámetros como contraste, correlación y energía, lograron diferenciar texturas con características superficiales muy distintas.

Chilkuri y su equipo desarrollaron un sistema que empieza con ecualización de histograma para realzar el contraste en las imágenes de tejidos, lo que facilita mucho la detección de patrones estructurales. Combinado con métricas simples como la varianza, este preprocesamiento demostró ser una solución práctica y efectiva para inspecciones rápidas.

Ashlock y colaboradores plantearon un análisis morfométrico basado en patrones de huella (foot patterns) para cuantificar texturas en imágenes en escala de grises. Aunque no se centraron solo en textiles, sus resultados confirman que las métricas estadísticas funcionan muy bien para distinguir variaciones estructurales, incluso en superficies complicadas.

Asha y su equipo presentaron un método para detectar defectos en telas estampadas, trabajando con bloques periódicos y comparando histogramas mediante la distancia chi-cuadrado. Esta técnica resultó especialmente útil para encontrar imperfecciones en patrones repetitivos, sin necesidad de recurrir a modelos de inteligencia artificial.

Por último, Mehta y colaboradores estudiaron la percepción táctil de las texturas textiles, analizando cómo la experiencia manual y la familiaridad con ciertos tejidos influyen en la valoración subjetiva de aspectos como la rugosidad o la dureza. Su trabajo subraya la importancia de contar con herramientas objetivas, como el cálculo de la varianza, que complementen lo que percibimos a mano y ayuden a reducir la subjetividad.

En resumen, todos estos trabajos muestran que el análisis estadístico de imágenes, y en especial el uso de la varianza, sigue siendo una estrategia sólida y práctica para evaluar texturas textiles de forma preliminar. Es particularmente valiosa en escenarios donde se necesita algo accesible, rápido y funcional, sin tener que implementar algoritmos de inteligencia artificial.

3. Metodología

El procedimiento general del sistema se compone de varias etapas sencillas y secuenciales. Este enfoque permite realizar una evaluación preliminar de las texturas textiles de manera eficiente, sin necesidad de entrenamiento supervisado ni de equipos o infraestructura especializada.

1. Carga de la imagen: El usuario selecciona una fotografía de la muestra textil. Para estandarizar el análisis y asegurar consistencia en todos los casos, la imagen se redimensiona automáticamente a una resolución de 512×512 píxeles.

2. Conversión a escala de grises: La imagen se transforma de RGB a escala de grises

utilizando el promedio aritmético de los canales de color, lo cual permite analizar la variabilidad tonal sin interferencia cromática.

3. Cálculo de varianza: Se recorren todos los píxeles de la imagen para obtener la media de niveles de gris y posteriormente calcular la varianza, siguiendo la ecuación:

4.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

Donde:

σ^2 = Varianza

N = Número total de píxeles

analizados x_i = Nivel de gris

del píxel i

\bar{x} = Media de los niveles de gris de la imagen

Σ = Sumatoria de todos los píxeles

5. Interpretación: El valor obtenido de varianza es interpretado según un rango preestablecido, permitiendo deducir si la textura es lisa, media, marcada o rugosa, y asociarla con posibles tipos de tela.

6. Visualización: Se muestran la imagen original, su versión en escala de grises con grilla superpuesta, y los resultados del análisis (valor de varianza y deducción textual).

Los rangos de varianza establecidos en este proyecto se muestran en la

Tabla 1. Rangos de varianza considerados para el proyecto.

<i>Rango de Varianza</i>	<i>Interpretación Textil</i>
0 – 49	Seda natural, satén fino, microfibra premium
50 – 99	Popelina, algodón peinado, lino fino
100 – 249	Batista, lino normal, tafetán delgado
250 – 399	Jersey de punto, gabardina ligera
400 – 699	Sarga fina, piqué, gabardina media
700 – 999	Mezclilla ligera, lona básica
1000 – 1399	Mezclilla pesada, tapicería básica
1400 o más	Brocados pesados, lonas rústicas

La selección de telas no fue al azar. Se eligieron muestras que representaran distintos tipos de textura comúnmente empleados en la industria textil, lo que permitió hacer un análisis útil y

aplicable en distintos contextos. Se incluyeron desde tejidos muy lisos como la seda, el satén y la microfibrá; hasta otros con variaciones más notorias como el algodón peinado, la popelina y el lino. También se consideraron texturas medias como el jersey, el tafetán y el piqué; telas marcadas como la sarga, la gabardina y la mezclilla; y finalmente, algunas con texturas más complejas o estampados, como los brocados y las lonas. Para asegurar que el cálculo de la varianza fuera confiable, se establecieron condiciones mínimas para las imágenes usadas: una resolución de al menos 512×512 píxeles (siendo ideal 1024×1024), enfoque nítido, ángulo perpendicular a la tela y buena iluminación blanca y difusa, sin sombras ni reflejos. También se recomendó el uso de formatos como PNG o JPG en alta calidad. Estas condiciones ayudan a garantizar que los valores obtenidos realmente reflejen la textura de la tela, sin interferencias externas.

4. Programa desarrollado

La Figura 1 muestra la ventana principal del programa al iniciarse. La aplicación, desarrollada en Visual Basic con Windows Forms, ofrece una interfaz fácil de usar. En la parte superior se incluyen los escudos del IPN y la ESIT, junto con los datos que refuerzan su uso académico.

En la parte inferior de la ventana se colocaron los botones para seleccionar la imagen, procesarla y calcular la varianza, así como una opción para cerrar la aplicación. Los resultados se muestran en el mismo panel: el valor numérico de la varianza y una deducción automática del tipo de textura.

El diseño general permite realizar el análisis de forma rápida, sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.



Figura 1. Interfaz principal del programa de análisis de textura de telas mediante cálculo de varianza.

En la Figura 2 se muestra la ventana del programa luego de cargar una imagen textil de mezclilla. La interfaz está dividida en dos secciones: arriba se visualiza la imagen original y abajo su versión en escala de grises con una grilla encima, que ayuda a percibir mejor las variaciones tonales de la tela.

La Figura 3, se observa la misma pantalla tras hacer clic en el botón de procesamiento. En esta vista ya se presenta el valor calculado de la varianza y una interpretación automática del tipo de textura. En este caso, el sistema reconoce correctamente una textura rugosa, lo cual coincide con la apariencia típica de la mezclilla.



Figura 2. Interfaz del programa con una imagen de mezclilla recién cargada, antes del procesamiento.



Figura 3. Interfaz del programa tras el cálculo de varianza e interpretación de la textura de mezclilla.

Las imágenes mostradas en la Figura 4 corresponden a las distintas muestras de tela empleadas durante las pruebas del programa. La selección de estos ejemplos se hizo con el objetivo de representar diferentes niveles de textura visual reconocibles en la industria textil, desde superficies lisas hasta texturas complejas. Los nombres asignados a cada imagen sirven únicamente como referencia visual para identificar fácilmente la muestra que se está analizando. Es importante aclarar que el sistema no interpreta ni reconoce automáticamente estas etiquetas, ya que el enfoque del análisis se centra exclusivamente en los valores de varianza calculados a partir de la imagen en escala de grises.



Figura 4. Imágenes de referencia de las telas utilizadas para las pruebas de funcionamiento del programa.

En la Figura 5 se presentan algunas muestras textiles que no fueron clasificadas correctamente por el programa. Aunque visualmente corresponden a telas como satén, lona rústica o sarga, el sistema no logró identificarlas con precisión. Estas fallas pueden explicarse por distintos factores, como el brillo superficial en ciertas telas (por ejemplo, el satén), la baja diferenciación tonal en texturas poco contrastadas (como la lona rústica) o condiciones subóptimas en la captura de imagen, como desenfoco, iluminación inadecuada o baja resolución. Estos ejemplos evidencian que la precisión del cálculo de varianza depende en gran medida de la calidad de la imagen y resaltan la importancia de utilizar fotografías bien tomadas para obtener resultados confiables.



Figura 5. Ejemplos de Imágenes de telas no clasificadas correctamente por el programa.

La Tabla 2 recoge los resultados que obtuvo el programa al analizar automáticamente las texturas de los tejidos. Para ponerlo a prueba, se eligieron 15 muestras textiles muy diferentes entre sí, de las 18 muestras incluidas en la Figura 4, y se organizaron en cinco grupos según el grado de textura que se percibe a simple vista: lisa, ligera, media, marcada e intensa.

De esas 15 telas que procesó el algoritmo, acertó en 12 casos. Eso equivale a una precisión del 80 %, un resultado bastante sólido para tratarse de un análisis automático. Los tres errores que sí hubo se concentraron sobre todo en tejidos que presentaban condiciones complicadas al momento de tomar la foto: superficies muy brillantes que generan reflejos, imágenes tomadas con poca resolución o patrones tan sutiles y con tan poco contraste que hasta el ojo humano tiene que fijarse bastante para distinguirlos bien. En resumen, el sistema funciona notablemente bien con la mayoría de los tejidos, pero todavía encuentra dificultades con aquellos que, por sus características físicas o por la forma en que fueron fotografiados, “confunden” las herramientas estadísticas que usa para decidir.

Tabla 2. Resultados de clasificación automática de texturas textiles.

<i>Categoría de Textura</i>	<i>Total de telas evaluadas</i>	<i>Clasificación correcta</i>	<i>Clasificación incorrecta</i>	<i>Precisión (%)</i>
Lisa	3	2	1	66.7
Variación ligera	3	3	0	100.0
Textura media	3	3	0	100.0
Textura marcada	3	2	1	66.7
Textura compleja o intensa	3	2	1	66.7
Total general	15	12	3	80.0

Conclusiones

En este trabajo presentamos una herramienta práctica y funcional que permite hacer un análisis inicial de las texturas en tejidos a partir del cálculo de la varianza en imágenes en escala de grises. Automatizar este paso, que tradicionalmente se hace mediante una apreciación visual por un ser humano y de forma manual, logra clasificar el tipo de textura de manera notablemente más rápida. Eso sí, los resultados dejaron claro que la precisión del método está muy ligada a la calidad de las fotografías que se usan como entrada. Aspectos como una iluminación uniforme, un enfoque nítido y una orientación adecuada de la muestra terminan siendo decisivos para que el algoritmo interprete de manera precisa la textura.

De cara al futuro, creemos que daría un salto importante incorporar técnicas de inteligencia artificial más avanzadas y, sobre todo, añadir un sistema de aprendizaje supervisado que permita entrenar al programa con un conjunto amplio y representativo de telas reales. Otra mejora interesante sería integrar evaluaciones automáticas que detecten problemas típicos en las imágenes, como iluminación irregular, desenfoque o reflejos molestos, y avisen antes de procesarlas, para evitar resultados poco fiables desde el principio.

Referencias bibliográficas

- Kekre, H. B., Thepade, S. D. (2010). Analysis of Texture Features Extracted Using GLCM for Textile Images. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 2(7), 2375–2381.
- Chilkuri, S., Prajapati, H., Purohit, P. (2020). Fabric texture analysis using image processing techniques. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(3), 392–397.
- Ashlock, D., Adams, D. C. (2004). Morphometric grayscale texture analysis using foot patterns. In *Proceedings of the 2003 Congress on Evolutionary Computation (Vol. 3, pp. 2076–2083)*. IEEE.
- Asha, V., Bhajantri, N. U. (2012). GLCM-based chi-square histogram distance for automatic detection of defects on patterned textures. *arXiv preprint arXiv:1212.0383*.
- Mehta, S., Holásková, I.(2024). Tactile sensitivity alters textile touch perception. *PLOS ONE*, 19(9), e0308957.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308957>.

Anexo A. Código fuente en Visual Basic con Windows Forms (.NET Framework).

```
Imports System.Drawing
Imports System.Drawing.Imaging

Public Class Form1
    ' Variables para manejar imágenes
    Private imgOriginalColor As Bitmap
    Private imgProcesadaGris As Bitmap

    ' Inicialización del formulario
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        lblResultadoVarianza.Text = "Varianza: "
        lblResultadoAnálisis.Text = "Análisis: "
        pbImagenOriginal.SizeMode = PictureBoxSizeMode.Zoom
        pbImagenAnalizada.SizeMode = PictureBoxSizeMode.Zoom

        PictureBox1.Image = Image.FromFile("Resources/rangos_varianza_texturas.png")
        pbEscudoIPN.Image = Image.FromFile("Resources/EscudoIPN.png")
        pbEscudoESIT.Image = Image.FromFile("Resources/EscudoESIT.png")

        lblIPN.Text = "INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL"
        lblESIT.Text = "ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA TEXTIL"

        lblNombreAlumno.Text = "Santiago Herrera Guevara"
        lblGrupo.Text = "Grupo: "
        lblMatricula.Text = "Boleta: "
        lblNombreDocente.Text = "Profesor(a):"
    End Sub

    ' Botón para seleccionar imagen desde archivo
    Private Sub btnSeleccionarImagen_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnSeleccionarImagen.Click
        If dlgSeleccionImagen.ShowDialog() = DialogResult.OK Then
            Try
                Dim original As New Bitmap(dlgSeleccionImagen.FileName)

                ' Guardar y mostrar imagen original
                imgOriginalColor = New Bitmap(original)
                pbImagenOriginal.Image = imgOriginalColor

                ' Redimensionar y convertir a escala de grises
                Dim resized As New Bitmap(original, New Size(512, 512))
                imgProcesadaGris = ConvertirImagenGrises(resized)

                ' Agregar grilla a la imagen en gris
                Dim imagenConGrilla As Bitmap = AgregarGrillaVisual(imgProcesadaGris)
                pbImagenAnalizada.Image = imagenConGrilla

                ' Resetear etiquetas
                lblResultadoVarianza.Text = "Varianza: "
                lblResultadoAnálisis.Text = "Análisis: "
            Catch ex As Exception
                MessageBox.Show("No se pudo abrir la imagen. Verifica que el archivo sea una imagen válida." & vbCrLf & ex.Message,
                    "Error al cargar imagen", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error)
            End Try
        End If
    End Sub

    ' Botón para procesar imagen cargada y analizar varianza
    Private Sub btnProcesarImagen_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnProcesarImagen.Click
        If imgProcesadaGris Is Nothing Then
            MessageBox.Show("Primero debes cargar una imagen.")
            Return
        End If

        ' Calcular varianza
        Dim ancho As Integer = imgProcesadaGris.Width
        Dim alto As Integer = imgProcesadaGris.Height

        Dim sum As Double = 0
        Dim sumCuadrada As Double = 0
        Dim total As Integer = ancho * alto

        For y = 0 To alto - 1
            For x = 0 To ancho - 1
                Dim c As Color = imgProcesadaGris.GetPixel(x, y)
                Dim gray As Integer = c.R
                sum += gray
                sumCuadrada += gray * gray
            Next
        Next

        Dim media As Double = sum / total
        Dim varianza As Double = (sumCuadrada / total) - (media * media)
        Dim varianzaRedondeada As Double = Math.Round(varianza, 2)

        lblResultadoVarianza.Text = $"Varianza: {varianzaRedondeada}"
    End Sub
End Class
```

```

' Interpretar resultados de varianza
Dim analisis As String = ""

If varianzaRedondeada < 50 Then
    analisis = "Superficie extremadamente lisa - probable seda natural, satén muy fino o microfibra premium."
ElseIf varianzaRedondeada < 100 Then
    analisis = "Superficie lisa - posible popelina de algodón, algodón peinado o lino fino."
ElseIf varianzaRedondeada < 250 Then
    analisis = "Textura lisa a media - probable batista, lino normal o tafetán delgado."
ElseIf varianzaRedondeada < 400 Then
    analisis = "Textura media - posible jersey de punto, gabardina ligera o tejido de punto."
ElseIf varianzaRedondeada < 700 Then
    analisis = "Textura marcada - probable sarga fina, piqué o gabardina media."
ElseIf varianzaRedondeada < 1000 Then
    analisis = "Textura rugosa o irregular - mezclilla ligera, lona liviana o gabardina gruesa."
ElseIf varianzaRedondeada < 1400 Then
    analisis = "Alta rugosidad o estampado - mezclilla pesada, tapicería básica o tejidos densos."
Else
    analisis = "Textura extremadamente contrastada - brocados pesados, lonas rústicas o telas decorativas."
End If

lblResultadoAnalisis.Text = "Análisis: " & analisis
End Sub

' Función para convertir imagen a escala de grises
Private Function ConvertirImagenGrises(original As Bitmap) As Bitmap
    Dim gris As New Bitmap(original.Width, original.Height)
    For y = 0 To original.Height - 1
        For x = 0 To original.Width - 1
            Dim c As Color = original.GetPixel(x, y)
            Dim g As Integer = (CInt(c.R) + CInt(c.G) + CInt(c.B)) \ 3
            gris.SetPixel(x, y, Color.FromArgb(g, g, g))
        Next
    Next
    Return gris
End Function

' Función para agregar una grilla roja sobre la imagen
Private Function AgregarGrillaVisual(img As Bitmap) As Bitmap
    Dim clone As New Bitmap(img)
    Using g As Graphics = Graphics.FromImage(clone)
        Dim cPen As New Pen(Color.Red, 1)

        Dim filas As Integer = 8
        Dim columnas As Integer = 8

        Dim anchoCelda As Integer = clone.Width \ columnas
        Dim altoCelda As Integer = clone.Height \ filas

        ' Dibujar líneas verticales
        For i = 1 To columnas - 1
            Dim x As Integer = i * anchoCelda
            g.DrawLine(cPen, x, 0, x, clone.Height)
        Next

        ' Dibujar líneas horizontales
        For i = 1 To filas - 1
            Dim y As Integer = i * altoCelda
            g.DrawLine(cPen, 0, y, clone.Width, y)
        Next
    End Using
    Return clone
End Function

Private Sub btnSalir_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnSalir.Click
    Me.Close()
End Sub

End Class

```

Referencia del artículo

Herrera, S., Rivera, I. & Sandoval, J. (*mayo - junio, 2025*). Cálculo de varianza para el análisis visual de texturas textiles. Boletín UPIITA. año 20, (113) 2026.
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1105-cyt-numero-113/2486-calculo-de-varianza-para-el-analisis-visual-de-texturas-textiles>