



# **JORNADAS CAUCHO**

**B O G O T Á   2 0 2 5**

Uso del **RPA** en la caracterización de  
Caucho Natural

Ing. Javier Munoz Azuero

# Uso del RPA en la caracterización de Caucho Natural



# Problema de UNIFORMIDAD

## Variabilidad:

- Clon del Árbol
- Edad del Árbol
- Condiciones del suelo
- Condiciones climáticas
- Recolección
- Coagulación del látex
- Historial de Procesamiento
- Historial de Almacenamiento



# Como establecer una característica cuantificable

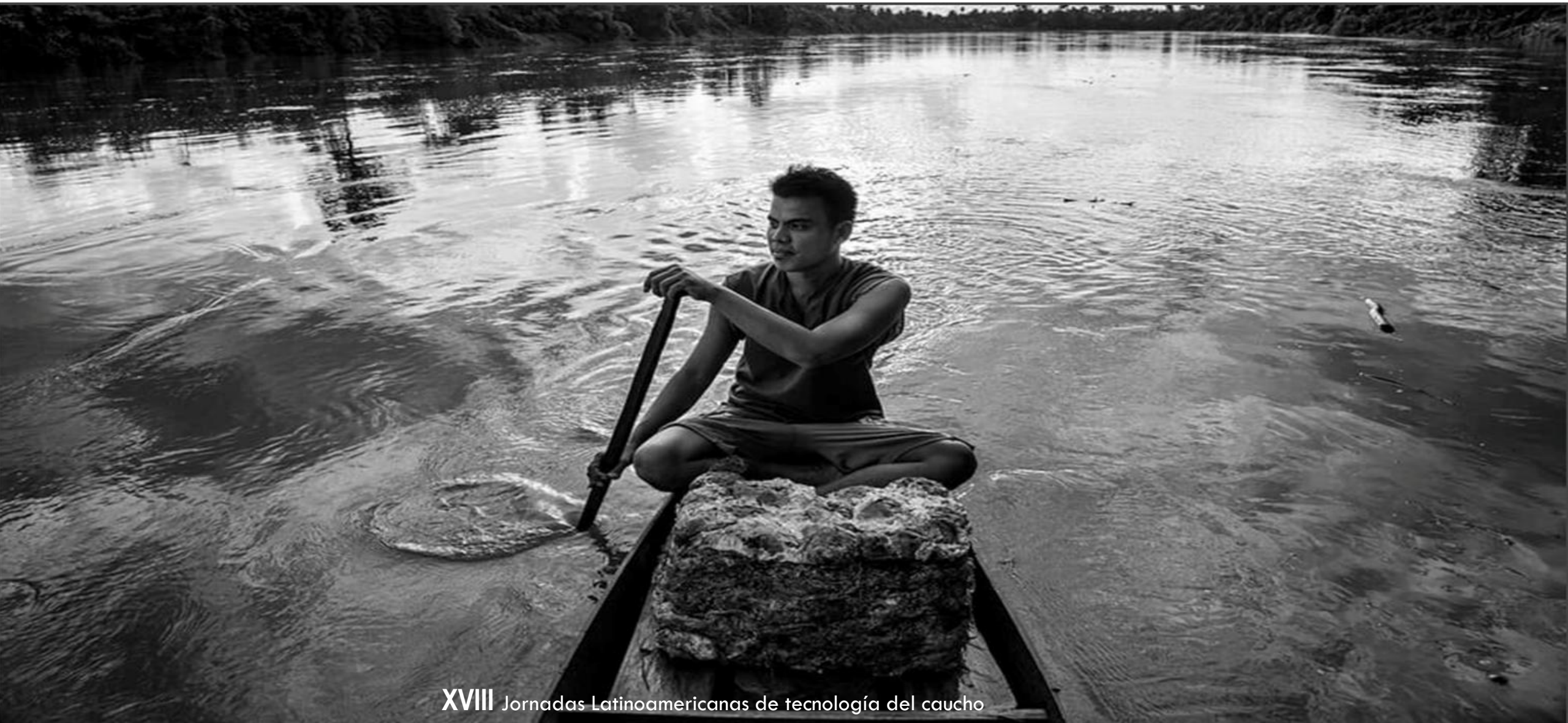
<h2>1. Basic Physical Properties</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volatile Matter (ASTM D1278)</li> <li>- Ash Content (ASTM D5666)</li> <li>- Insoluble Matter (ASTM D1276)</li> <li>- Visual cleanliness and contamination check</li> </ul>	<h2>4. Molecular Structure</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gel Permeation Chromatography (GPC): Mw, Mn, polydispersity</li> <li>- FTIR or NMR: branching, chemical groups, impurities</li> </ul>
<h2>2. Chemical Properties</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Plasticity</b> Retention Index (PRI) – ISO 2930 / ASTM D3194</li> <li>- Nitrogen content – protein indicator</li> <li>- <b>Wallace plasticity: Po (initial), PR (retained)</b></li> </ul>	<h2>5. Additional Tests</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Color evaluation (Lovibond scale)</li> <li>- Non-rubber content: lipids, resins, proteins</li> </ul>
<h2>3. Rheological Properties</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mooney Viscosity (ASTM D1646): processability check</li> <li>- <b>RPA (ASTM D6204): <math>G'</math>, <math>G''</math>, <math>\eta^*</math>, <math>\tan \delta</math></b></li> <li>- Compare mastication, degradation, consistency</li> </ul>	





JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Como establecer una característica cuantificable







JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Describir la distribución







JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Peso Molecular y Distribución Molecular



## Peso Molecular Promedio en Número (Mn)

Es el peso total de todas las moléculas poliméricas contenidas en una muestra, dividido por el número total de moléculas poliméricas de dicha muestra (promedio aritmético – todas las cadenas tienen la misma importancia a la hora de estimar este parámetro).

## Peso Molecular Promedio en Peso (Mw)

Esta basado en el hecho de que una molécula más grande contiene más de la masa total de la muestra polimérica que las moléculas pequeñas (Este parámetro es muy sensible a las cadenas de alto peso molecular).

$$M_w \geq M_n$$



# Índice de Polidispersidad

$$IP = M_w / M_n$$

Cuantifica la amplitud de la Curva de Distribución de Pesos Moleculares (MWD) y representa el cociente entre el peso molecular promedio en peso ( $M_w$ ) y el peso molecular promedio en número ( $M_n$ ).





JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Como medir fácilmente ?



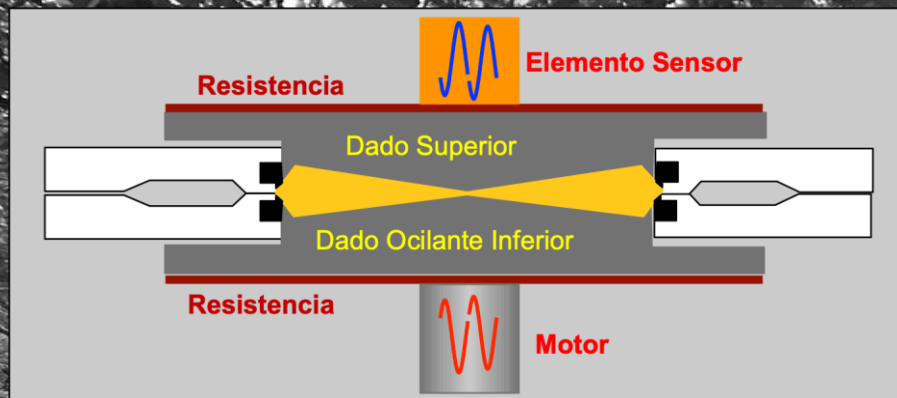
XVIII Jornadas Latinoamericanas de tecnología del caucho



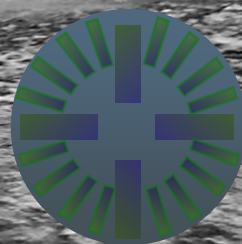
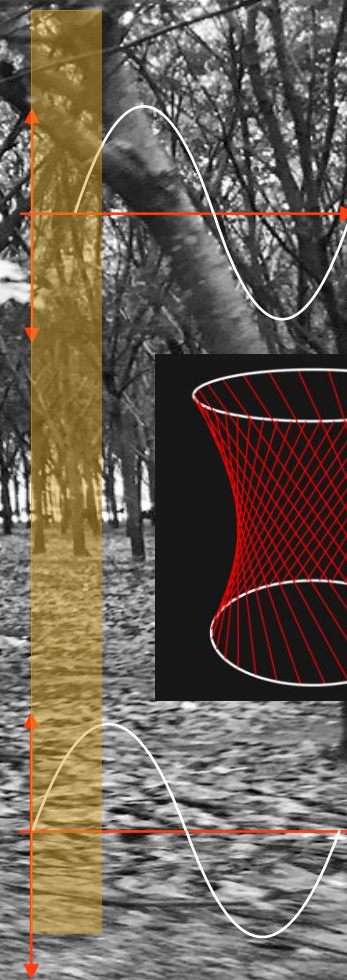


JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Como funciona un Rubber Process Analyzer



Dado Superior



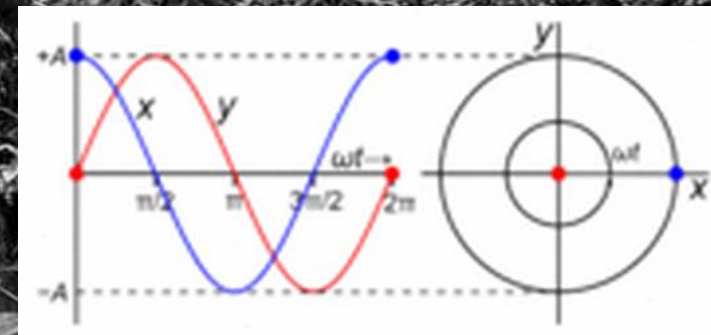
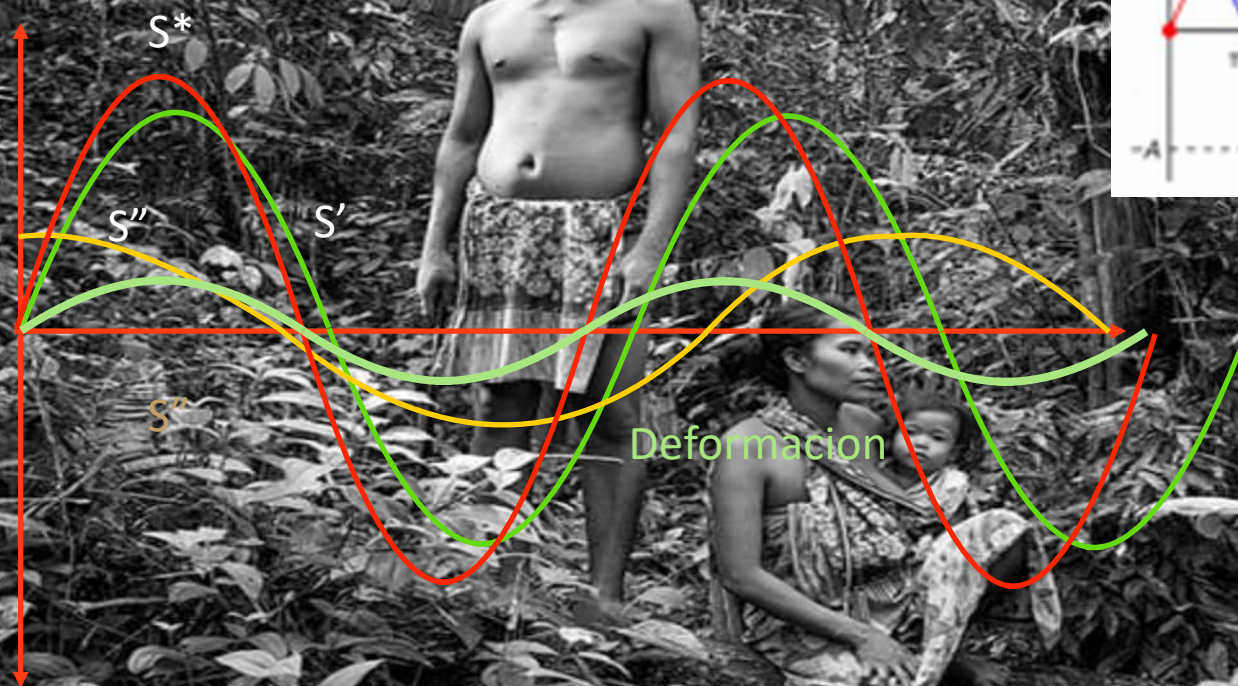
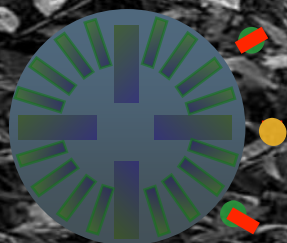
Dado Inferior





JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Como Funciona RPA





# RPA. Barrido de Deformación







JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# Módulos de corte dinámicos. “G”



**G'** Es el componente del torque que está en fase con la deformación. Es la medida de la **ELASTICIDAD** del material

**G''** Es el componente del torque que está 90° fuera de fase con la deformación. Mide la resistencia al **FLUJO**

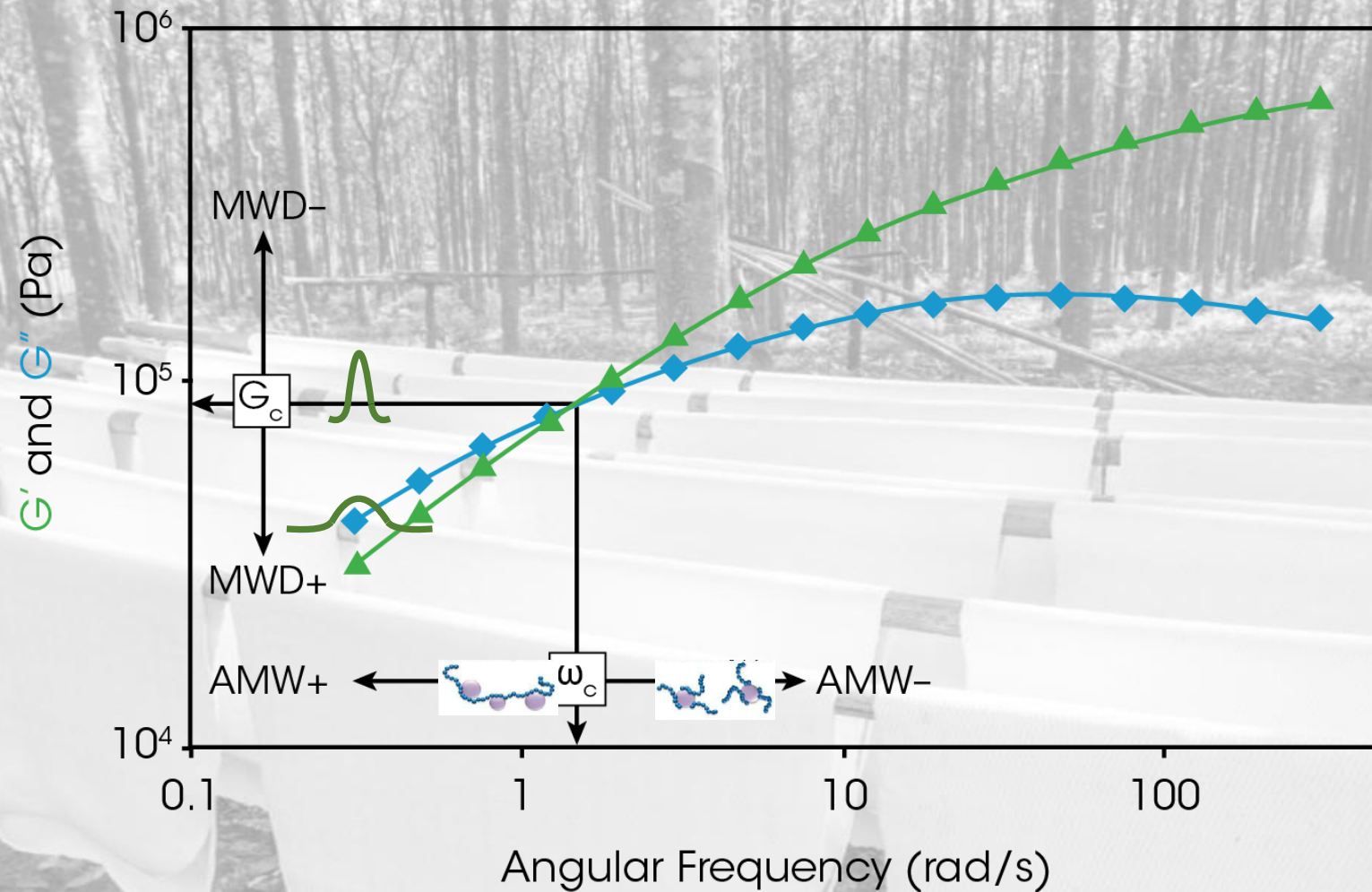
Elastic (Storage) Modulus (G')  
Viscous (Loss) Modulus (G'')  
Complex Modulus (G\*)

$$G' = (K \bullet S') / \text{Strain}$$

$$G'' = (K \bullet S'') / \text{Strain}$$

$$G^* = [(G')^2 + (G'')^2]^{1/2}$$

# Variación del punto de cruce $G'$ & $G''$





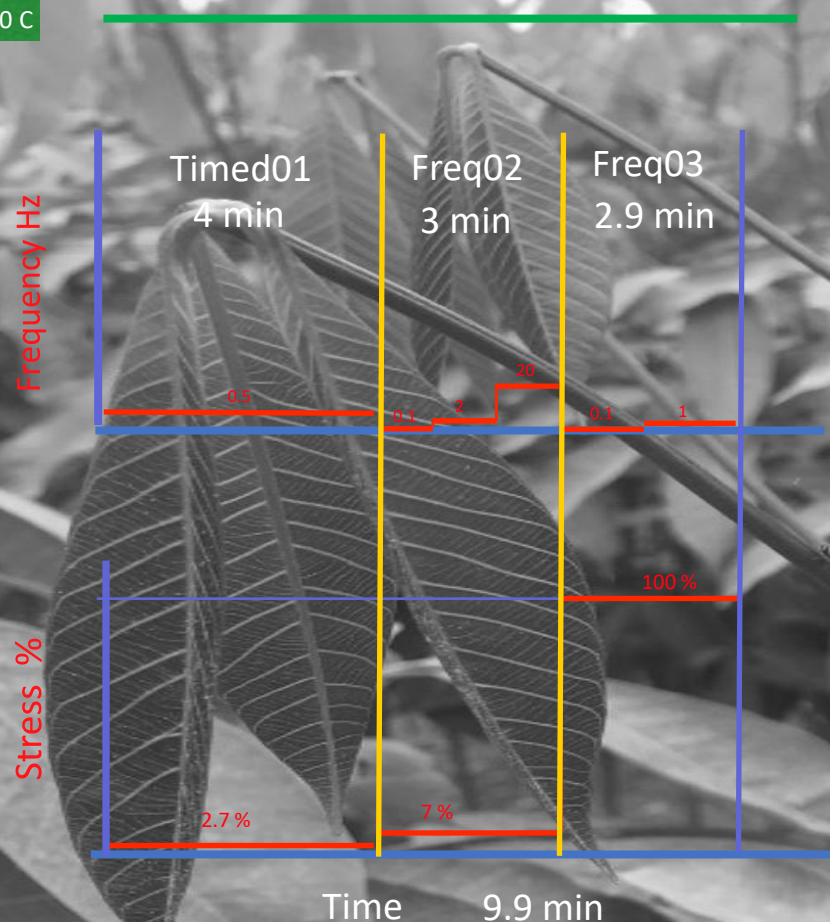


JORNADAS CAUCHO  
BOGOTÁ 2025

# ASTM D7050. Segregation NR



100 C



Timed01

$S'$ @Min $S'$   
 $S'$ @Max $S'$   
 $S''$ @Min $S''$   
 $S''$ @Max $S''$

Freq02

$G'$ @0.1 Hz  
 $G'$ @2 Hz  
 $G'$ @20 Hz

Freq03

$G'$ @0.1 Hz  
 $G'$ @1 Hz

$G'$ @1 Hz

"Soft" NR

"Hard" NR

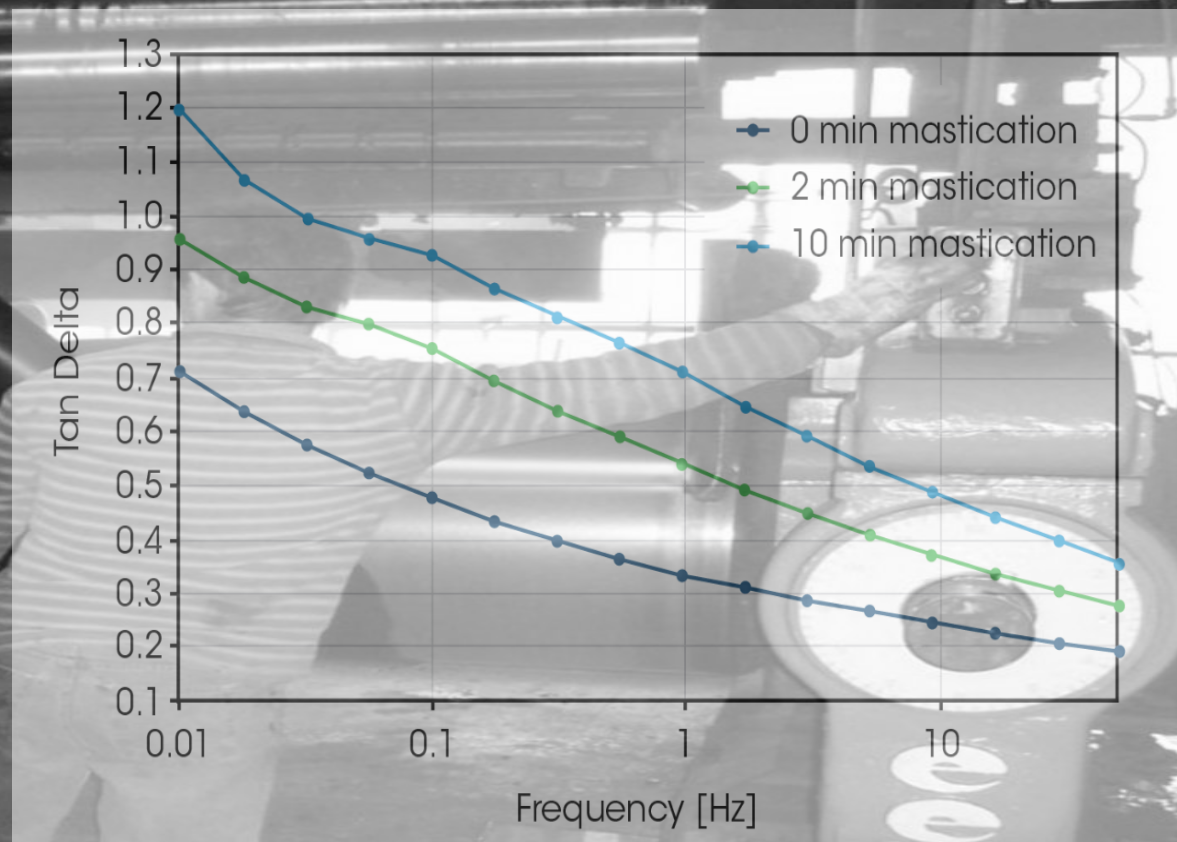
Práctica estándar para el caucho natural:

Muestreo y clasificación de pacas según las propiedades de procesamiento previstas

# Caracterización viscoelástica de muestras de caucho natural con diferentes tiempos de masticación

La masticación del caucho natural (NR) es un proceso destructivo que puede alterar significativamente la arquitectura estructural del polímero. Las pruebas de barrido de frecuencia realizadas en el RPA identificaron diferencias significativas en la arquitectura del polímero que no se detectaron con las pruebas de viscosidad Mooney convencionales. Al aumentar la duración de la masticación, se observó una disminución del peso molecular promedio, evidenciada por una reducción en la frecuencia de cruce, una disminución en la viscosidad compleja y un aumento en la tangente de pérdida ( $\tan\delta$ ). Este concepto se puede aplicar fácilmente al estudio del efecto de diferentes tratamientos termomecánicos, como la temperatura, la velocidad de cizallamiento y los agentes peptizantes, sobre las propiedades reológicas del material antes, durante y después del procesamiento.

Nota: Resultados adicionales de este estudio, incluyendo el efecto Payne y comparaciones de ramificación de cadena larga, se encuentran disponibles en la publicación Rubber World. Este artículo se puede consultar en <http://www.rubberworld.com/>, edición de enero de 2019, páginas 34-39.







**JORNADAS CAUCHO**  
B O G O T Á 2 0 2 5

**Gracias /** Thank you

Fotos: Cortesia de:  
Calendario Pirelli  
PICA  
Agicom  
Fortaleza  
Progomex