

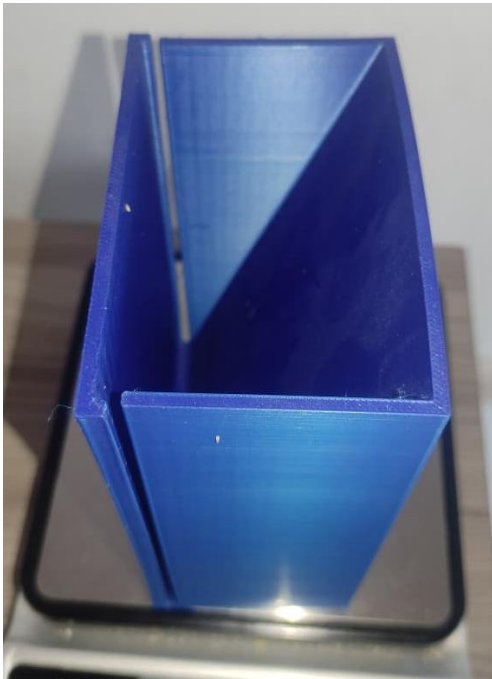
Apéndice B. Fuerza de Corte del Plátano

Para la definición de la magnitud de la fuerza de corte del plátano a implementar en los cálculos del proyecto, se diseñó un banco de pruebas específico con el fin de estimar este parámetro.

El montaje experimental consistió en una balanza con una tolerancia de ± 1 g, una cuchilla con las mismas dimensiones que utiliza actualmente en el proceso de rebanado, y una base inclinada (simulando la tolva de entrada del plátano al disco), como se muestra en la Figura B1, con el fin de tomar el dato bajo unas condiciones similares a los que va a estar sometido en la máquina.

Figura B1

Banco de Prueba Experimental para la Fuerza de Corte.



a)



b)

Nota: a) base inclinada a 21° . b) Banco de pruebas (balanza, base inclinada, plátano, cuchilla).

El procedimiento consistió en colocar el plátano sobre la plataforma inclinada (la inclinación corresponde al ángulo calculado previamente de 21° sobre la vertical) y posicionar ambos elementos sobre la balanza, la cual se taró antes del inicio del corte. Luego, se utilizó la cuchilla para rebanar el plátano, apoyándose por la guía presente en la plataforma. Durante el corte, la balanza registraba la fuerza ejercida en gramos-fuerza, y se anotaba el valor máximo observado en el proceso.

Para definir un tamaño de la muestra estadísticamente confiable para emplear los datos obtenidos en el diseño de la rebanadora, se utilizó la ecuación B1.

$$n = \left(\frac{Z * \sigma}{m} \right)^2 \quad (B1)$$

Donde n es el tamaño de la muestra, σ es la desviación estándar de la población, m es el error de estimación deseado y Z es un valor estadístico asociado al nivel de confianza deseado. Dado que no se dispone de referencias confiables sobre la fuerza de corte del plátano para las condiciones a las que se va a realizar el rebanado, se optó por utilizar la desviación estándar de la muestra que se utilizó.

Con el fin de agilizar los cálculos, se empleó una hoja de cálculo en *Excel* que, conforme se ingresaban los datos, se actualizaba de forma simultánea los valores de la desviación estándar, el tamaño de la muestra y el nivel de confianza. Este último se estableció en un valor superior al 98 % ($Z > 2,33$), con un margen de error de $m = 3$ N, como se evidencia en la Tabla B1. Como resultado, se determinó como tamaño óptimo de la muestra un total de 60 mediciones (Tabla B2). Cabe destacar que los valores registrados por la balanza fueron convertidos a Newtons mediante la multiplicación por 9,81, para ser posteriormente utilizados en el cálculo del tamaño de la muestra.

Tabla B1

Parámetros Estadísticos para el Cálculo del Tamaño de la Muestra.

| Descripción | Sym | Total | Unid. |
|---|----------|----------------|-------|
| Tamaño de la muestra | n | 60 | |
| Margen de error permitido | m | 3 | N |
| Desviación Estandar | σ | 8,498 | N |
| Valor crítico de la distribución normal | Z | 2,734 | |
| Porcentaje de confianza | | 99,375% | |

Tabla B2

Fuerza de Corte Registrados del Plátano.

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 14,107 | 17,629 | 19,904 | 22,671 | 24,760 | 30,450 |
| 14,205 | 17,638 | 20,052 | 22,691 | 25,202 | 32,893 |
| 15,176 | 18,570 | 20,150 | 23,328 | 26,732 | 35,620 |
| 15,451 | 18,717 | 20,876 | 23,397 | 28,940 | 35,620 |
| 15,549 | 18,747 | 21,415 | 23,436 | 28,959 | 36,297 |
| 15,608 | 18,953 | 21,729 | 23,466 | 29,195 | 38,406 |
| 15,765 | 19,492 | 21,778 | 23,848 | 29,430 | 42,016 |
| 16,412 | 19,532 | 22,004 | 23,995 | 29,528 | 42,075 |
| 17,403 | 19,659 | 22,220 | 24,093 | 29,567 | 50,953 |
| 17,530 | 19,855 | 22,337 | 24,672 | 29,921 | 53,798 |

Nota: Los valores están registrados en Newtons [N].

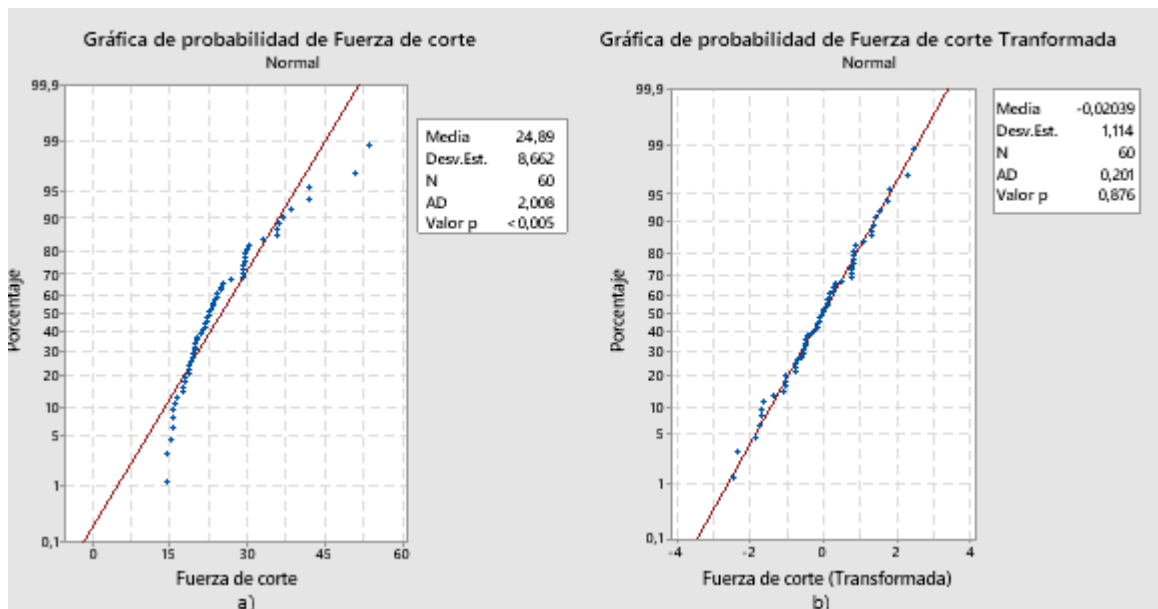
Posteriormente, mediante el software estadístico *Minitab*, se verificó la normalidad de los datos registrados. Para este análisis se aplicó la prueba de Anderson-Darling, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, valor recomendado por la aplicación. Los resultados de la prueba (figura B2a), arrojaron un valor estadístico AD de 2,008 y un valor P inferior a 0,05. Dado a que este último valor es menor al nivel de significancia adoptado, se rechazó la hipótesis nula de normalidad, considerando así, que los datos siguen una distribución no normal.

Ante esta situación, se procedió a aplicar la transformación mediante el método de *Johnson* en el mismo software, *Minitab*. El resultado de la transformación arrojó un valor de AD de 0,201 y un valor *P* de 0,876, indicando una distribución normal con los datos transformados. La ecuación B2, fue la utilizada por el software para realizar la transformación de los datos.

$$Z = 3,91561 + 1,552 * \ln\left(\frac{x - 11,6855}{161,378 - x}\right) \quad (B2)$$

Figura B2

Fuerza de Corte Registrados del Plátano.



Nota: a) Datos originales de la fuera de corte sin transformación. b) Datos transformados mediante estandarización (*Z*).

Donde *X* es la fuerza de corte del plátano y *Z* es el valor transformado. Es posible establecer un valor de referencia de la fuerza de corte del plátano, de manera que el 99,87 % de la fuerza ejercida para rebanar distintos plátanos sean inferiores al límite (Moore, 2005). El valor se determina con la expresión $\bar{x} + 3\sigma$, en el cual $Z = 3$. Aplicando este valor en la ecuación de la

transformada, se despeja X, dando como resultado la fuerza de corte que se utilizara en los cálculos correspondientes al desarrollo del proyecto.

$$F_{corte} = 65,07[N]$$