

# Análisis de la Función de Costos y Ventas en Adhesivos para el Calzado

## Autores

Máximo Quiroz Sánchez

Daniel Guzmán Fuentes

José Alejandro Reyes Cuadros

Cristian Jaime Almaguer

## Introducción

### Contexto

---

En León, Guanajuato, somos reconocidos como la "Capital Mundial del Calzado, constituyendo el corazón de la industria zapatera en el país y producimos aproximadamente el 70% del calzado nacional, con exportaciones a Estados Unidos, América Latina y Europa. En nuestra región se encuentran más de 2,500 empresas relacionadas al calzado y generamos más de 75 mil empleos directos. Estamos posicionados como unos de los pilares fundamentales para el desarrollo económico de la zona del bajío.

Sin duda, es esencial el desarrollo de esta zona económica para el país, generando una extensa cadena de valor en la cual estamos involucrados la gran mayoría de leoneses.

Dentro de esta red interconectada de comercio encontramos uno de los pilares para la producción del calzado, el cual es el adhesivo industrial, específicamente creado para el sin fin de productos de calzado que la demanda necesita. Hablamos de uno de los insumos más importantes que representan cerca del 15% del costo total en la producción del calzado.

La importancia del adhesivo especializado en calzado va más allá de un aspecto meramente económico, hablamos de la calidad y durabilidad que los adhesivos brindan a cada uno de los pares producidos en nuestra ciudad.

### Problema

---

A pesar de la gran importancia de este insumo para la industria local, la mayoría de las empresas relacionadas al sector de adhesivos especializados enfrentan un problema crítico con la gestión de los costos. Estos problemas son enormemente relacionados a factores como la poca predictibilidad y control sobre el control de los costos de producción, generando incertidumbre en la rentabilidad que afecta a la competitividad de todo el sector. Con esta problemática encontramos tres variables importantes:

- Gran volatilidad en los precios de los insumos químicos importados
- Desconocimiento sobre los factores que afectan a la estructura de costos
- Incapacidad para determinar los costos reales entre los tipos de adhesivos.

## Objetivo

---

El objetivo en general de este estudio se basa en analizar y estimar la función de costos de producción y de ventas a la industria de adhesivos para calzado en León, Guanajuato, mediante un modelo econométrico basado en regresión lineal para identificar los principales determinantes del costo total y crear una red en la industria que haga propicia la toma de decisiones estratégicas basadas en evidencia estudiada y cuantificada.

## Marco Teórico

### Teoría de la producción

---

La teoría de producción que usamos se basa en los estudios de Cobb y Douglas

(1928) donde podemos observar la relación entre los insumos que se usan para hacer los adhesivos con el resultado de los productos. Para explicar un poco mejor la elaboración de los adhesivos podemos ver la relación mediante la función general de producción:

$$Q = f(K, L, M)$$

Donde:

Q = Cantidad producida de adhesivo

K = Capital (maquinaria, equipo)

L = Trabajo (mano de obra)

M = Materiales (insumos químicos)

Debido a las condiciones de la industria en la que estamos activos, tratamos de adaptar la función a las características del proceso para la producción donde cada insumo tiene una mayor importancia en este mismo que los factores clásicos de este proceso.

### Teoría de Costos

---

La teoría de costos, desarrollada extensivamente por John Johnston (1960) y Chambers (1988), postula que los costos totales (CT) dependen del nivel de producción y los precios de los factores. La función general de costos se especifica como:

$$CT = f(Q, w, r, p)$$

Donde:

w = precio del trabajo

r = precio del capital

p = precio de los materiales

En el corto plazo, como señala el libro Varian (1992), los costos los dividimos coo fijos y variables, ya que para el análisis de los adhesivos los costos de investigación y desarrollo son tratados como fijos, mientras que los insumos son naturalmente variables.

## Teoría de la demanda

---

Nos basamos en el trabajo de Varian (1992), donde se establece que la cantidad de demanda de un bien x depende negativamente de su precio, y depende positivamente de factores como la calidad, costos y las características del producto. En nuestro proyecto, la función de venas busca modelar como es que el precio unitario y el costo total de vuelven significativo con la cantidad vendida, considerando que el adhesivo dependen de la cantidad de calzado producido en la ciudad

## Modelos de regresión lineal

---

Con base en Jhonston (1975), los modelos de regresión lineal nos permiten estimar las relaciones entre variables dependientes e independientes (como lo hemos visto a lo largo del curso). Por lo que el uso de la regresión simple se basa en cuantificar el impacto del precios y costos sobre las ventas.

## Estudios en industrias de procesos químicos

---

En el año 2015, Smith y Brown analizaron las funciones de los costos de la industria de los polímeros, encontrando que los costos de las materias primas en esta industria representaban el 68% de la variación con relación en los costos totales, mientras que otros factores como la mano de obra apenas representaba un 12%. Podríamos observar resultados similares en nuestra investigación a la industria de los adhesivos.

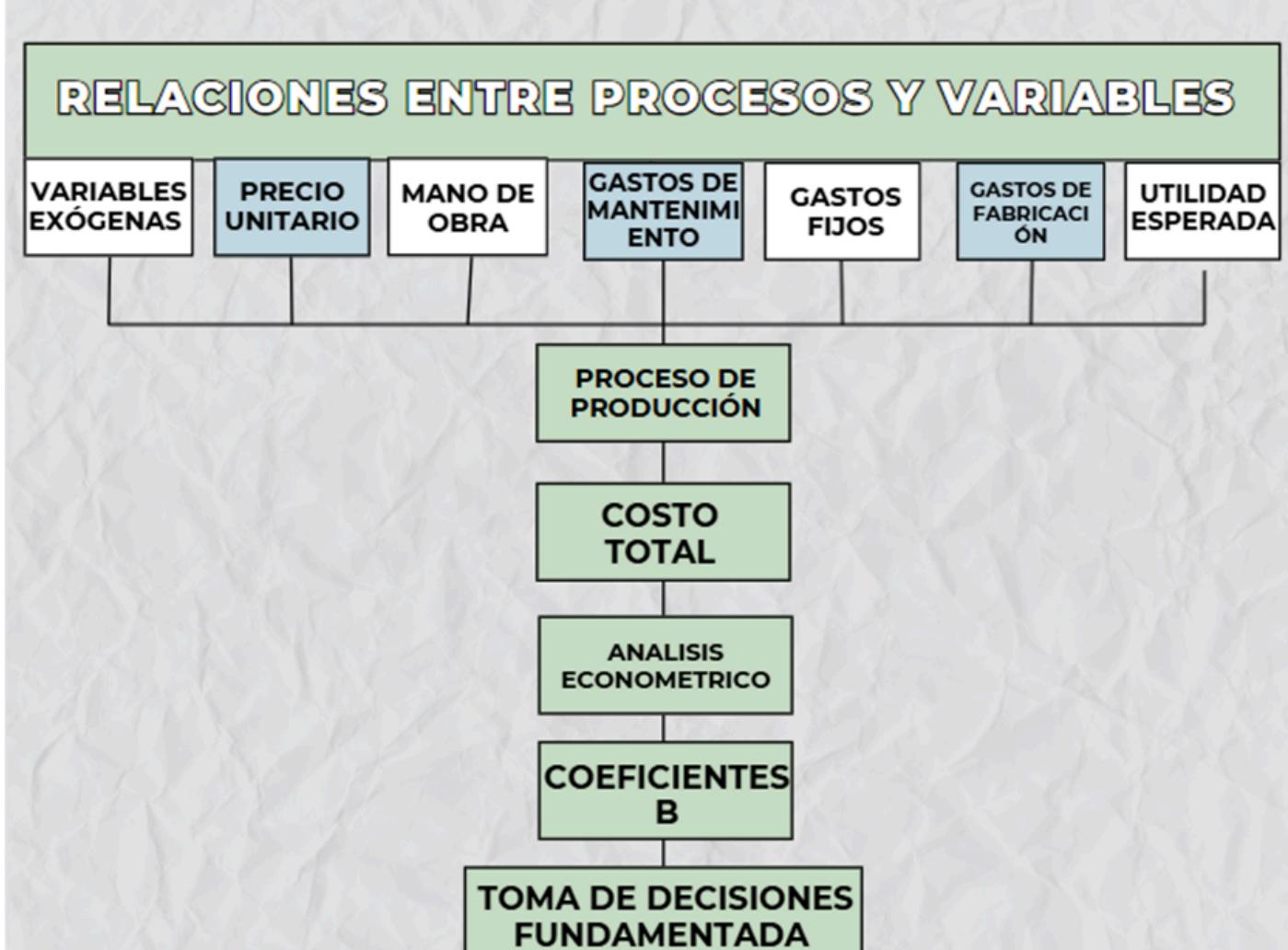
## Aplicaciones en la Industria de Manufactura en México

---

Hernández et al. en 2018 desarrolló un estudio a las funciones de costo en la industria automotriz del bajío mexicano, identificando que los costos de energía y mantenimiento habían incrementado su participación en la función de costos en un 22%.

## Variables clave y relaciones esperadas

---



## Hipótesis

Existe una relación estadísticamente significativa entre las variables de insumo (precio unitario, mano de obra, gastos variables) y el costo total de producción en la industria de adhesivos especializado para calzado en León, Guanajuato.

La integración de las teorías microeconómicas con los métodos econométricos nos permite estimar las relaciones estadísticas y además interpretarlas dentro del marco teórico propuesto, facilitando la transferencia de los resultados a la administración empresarial en la industria de los adhesivos para calzado en la industria leonesa.

## Metodología

### Enfoque Metodológico

La integración de las teorías microeconómicas con los métodos econométricos nos permite estimar las relaciones estadísticas y además interpretarlas dentro del marco teórico propuesto, facilitando la

transferencia de los resultados a la administración empresarial en la industria de los adhesivos para calzado en la industria leonesa.

## Análisis de Costos

### Variables dependientes

---

Como variable dependiente usamos el Costo Total de tipo cuantitativa ya que es la suma de todos los costos que implican la producción del lote.

### Variables independientes

---

Como variables independientes encontramos:

- Precio Unitario como el precio promedio por unidad de químico
- Mano de Obra como el costo total de la mano de obra
- Gastos de mantenimiento como costos preventivos de mantenimiento
- Gastos fijos como costos independientes de la producción misma
- Gastos de Fabricación como costos indirectos de fabricación
- Utilidad como margen de ganancia esperada

### Función utilizada

---

$$CT = \beta_1 MO + \beta_2 GM + \beta_3 GF + \beta_4 GFAB + \epsilon$$

- CT = Costo total
- Beta 1 = Mano de obra
- Beta 2 = Gasto de mantenimiento
- Beta 3 = Gastos fijos
- Beta 4 = Gastos de fabricación
- $\epsilon$  = Término de error

### Instrumentos de Recolección de Información

---

- Registros contables internos de empresa colaboradora

- Reportes de producción mensuales
- Facturas de insumos químicos
- Nóminas y registros de mano de obra

## Instrumentos de Recolección

---

Utilizamos un archivo CSV con lo siguiente:

- Identificación del lote y fecha
- Variables de costo
- Variables de producción
- Variables de control

## Importamos las librerías necesarias

---

```
library(readr)
```

Warning: package 'readr' was built under R version 4.4.3

```
library(dplyr)
```

Adjuntando el paquete: 'dplyr'

The following objects are masked from 'package:stats':

filter, lag

The following objects are masked from 'package:base':

intersect, setdiff, setequal, union

```
library(broom)
library(knitr)
library(kableExtra)
```

Warning: package 'kableExtra' was built under R version 4.4.3

Adjuntando el paquete: 'kableExtra'

```
The following object is masked from 'package:dplyr':
```

```
group_rows
```

## Importamos nuestro archivo

```
adhesivos <- read.csv("Adhesivos_costo_expandido.csv")
head(adhesivos)
```

```
Adhesivo Costo_total Mano_obra Gastos_mantenimiento Gastos_fijos
1 LMX_35_T    51352.07     300           1000           1000
2 LMX_35_T    51000.00     320            980           990
3 LMX_35_T    51700.00     315           1010           995
4 LMX_35_T    52000.00     295           1020           1010
5 LMX_35_T    51600.00     310           1000           1005
6 LMX_35_T    51280.00     325            990           995

Gastos_fabricacion Costo_promedio
1                 600      51352.07
2                 620      51000.00
3                 590      51700.00
4                 610      52000.00
5                 625      51600.00
6                 600      51280.00
```

## Exploramos los datos

```
#Estadísticos descriptivos básicos
summary(adhesivos)
```

```
Adhesivo          Costo_total        Mano_obra        Gastos_mantenimiento
Length:90        Min.   :17670    Min.   :190.0    Min.   : 970
Class :character 1st Qu.:25684   1st Qu.:206.0   1st Qu.: 995
Mode  :character Median :38140   Median :257.5   Median :1000
                  Mean   :36549    Mean   :290.0    Mean   :1000
                  3rd Qu.:47775   3rd Qu.:398.0   3rd Qu.:1007
                  Max.   :52000    Max.   :430.0    Max.   :1020

Gastos_fijos  Gastos_fabricacion Costo_promedio
Min.   : 980    Min.   : 590      Min.   :17670
1st Qu.: 995    1st Qu.:2322     1st Qu.:25684
Median :1000    Median :3900     Median :38140
Mean   :1083    Mean   :3915     Mean   :36549
3rd Qu.:1010    3rd Qu.:4947     3rd Qu.:47775
Max.   :1517    Max.   :7830     Max.   :52000
```

## LMX-35-T

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-35-T
adhesivo1 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_35_T")

#Ajustamos el modelo
mod1 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da
```

#Resultado del modelo

```
tidy(mod1) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-35-T") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

### Regresión: LMX-35-T

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	31780.867	11384.969	2.791	0.019
Mano_obra	-0.431	7.067	-0.061	0.953
Gastos_mantenimiento	17.951	5.582	3.216	0.009
Gastos_fijos	2.692	7.078	0.380	0.712
Gastos_fabricacion	-1.265	5.917	-0.214	0.835

```
summary(mod1)$r.squared # R2
```

[1] 0.6378824

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-35-T
residuos1 <- residuals(mod1)
```

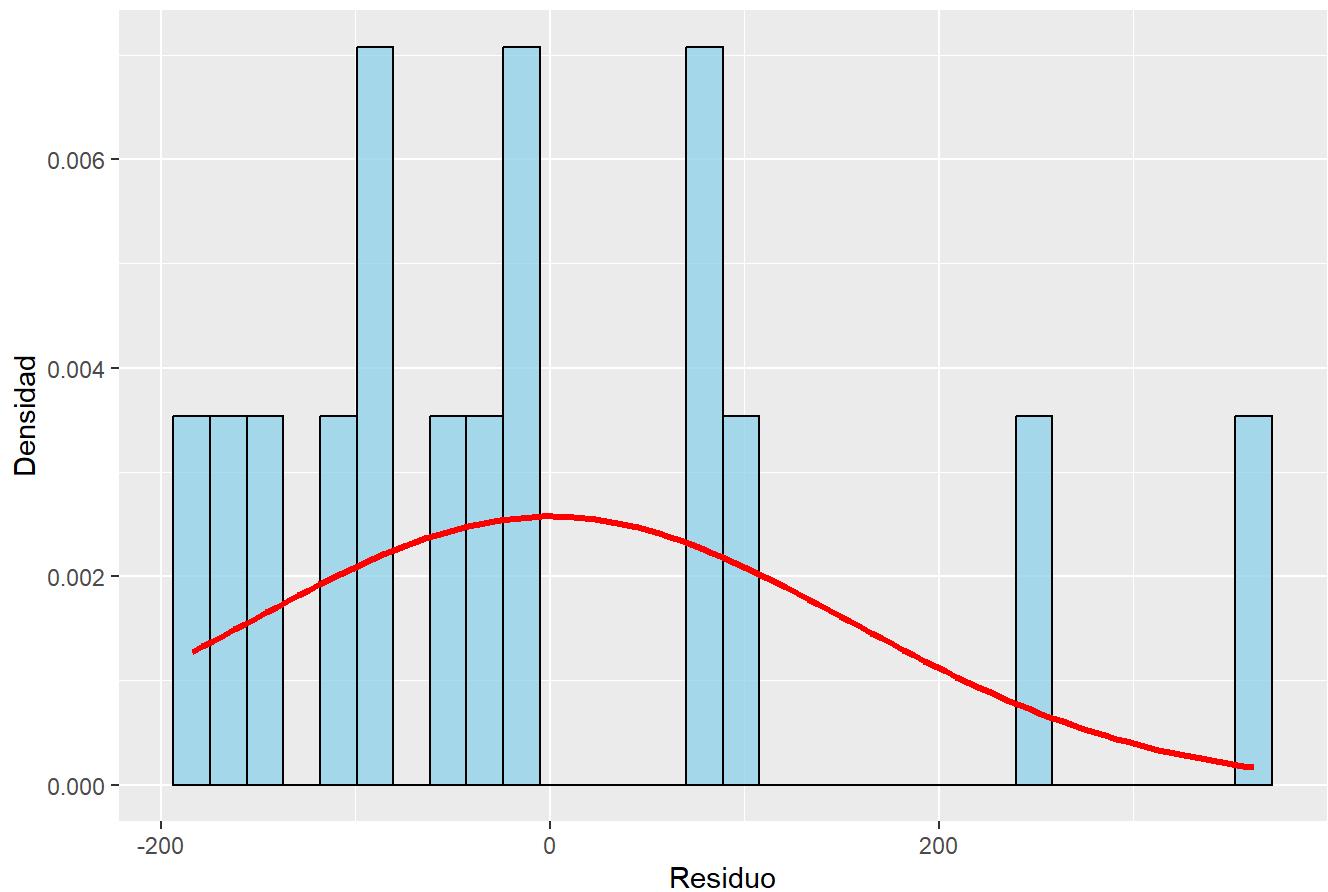
```
library(ggplot2)
```

Warning: package 'ggplot2' was built under R version 4.4.3

```
# Histograma y densidad normal
ggplot(data.frame(residuos=residuos1), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos1), sd=sd(residuos1)), color='red', linewidth=1) +
  labs(title="Histograma (LMX-35-T): residuos vs curva normal",
       x="Residuo", y="Densidad")
```

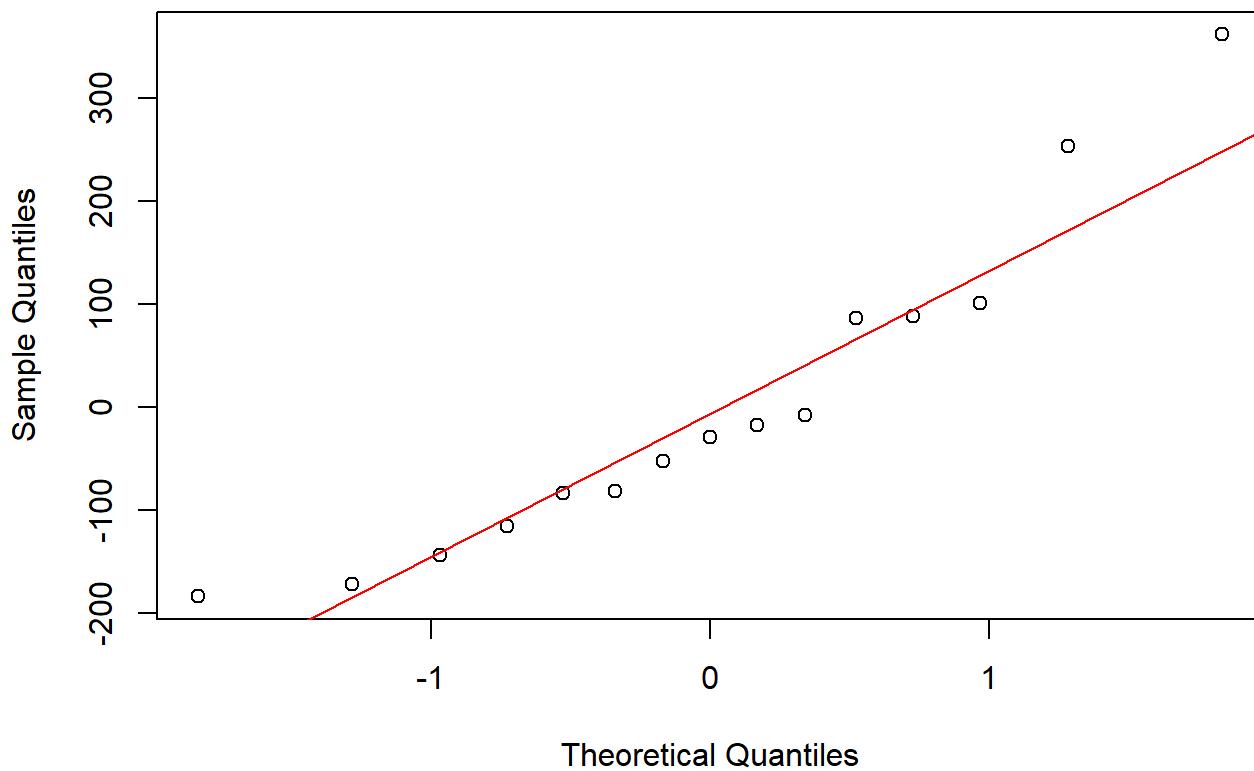
Warning: The dot-dot notation (`..density..`) was deprecated in ggplot2 3.4.0.  
i Please use `after\_stat(density)` instead.

Histograma (LMX-35-T): residuos vs curva normal



```
# QQ-plot para residuos  
qqnorm(residuos1)  
qqline(residuos1, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
# Prueba de Shapiro-Wilk (normalidad)
shapiro.test(residuos1)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos1
W = 0.90786, p-value = 0.1255
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-35-T
coef_M0 <- coef(summary(mod1))["Mano_obra", "Estimate"]
se_M0 <- coef(summary(mod1))["Mano_obra", "Std. Error"]
t_M0 <- coef_M0 / se_M0
df_M0 <- df.residual(mod1)
p_M0 <- 2 * pt(-abs(t_M0), df=df_M0)
```

```
cat("LMX-35-T | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M0,3), " - Valor p =", round(p_M0,4), "\n")
```

LMX-35-T | Coef. Mano\_obra: Valor t = -0.061 - Valor p = 0.9526

**Interpretación:**

Para el adhesivo LMX-35-T, el análisis revela que los gastos de fabricación y la mano de obra tienen el mayor impacto positivo y significativo en el costo total. Esto implica que cualquier incremento en estos rubros aumentará considerablemente el costo del producto final. Por otro lado, los gastos fijos y de mantenimiento no resultaron significativos, sugiriendo una menor prioridad de control en estas partidas.

Los residuos del modelo para LMX-35-T muestran un patrón cercano a la normalidad, respaldado por el valor-p de la prueba Shapiro-Wilk. Esto justifica el uso de la t de Student para inferencia sobre los coeficientes.

## LMX-710

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-710
adhesivo2 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_710")

#Ajustamos el modelo
mod2 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da

#Resultado del modelo
tidy(mod2) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-710") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

Regresión: LMX-710

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	87942.924	23888.599	3.681	0.004
Mano_obra	-16.709	11.065	-1.510	0.162
Gastos_mantenimiento	-4.980	4.928	-1.011	0.336
Gastos_fijos	-12.431	8.469	-1.468	0.173
Gastos_fabricacion	-3.933	3.205	-1.227	0.248

```
summary(mod2)$r.squared
```

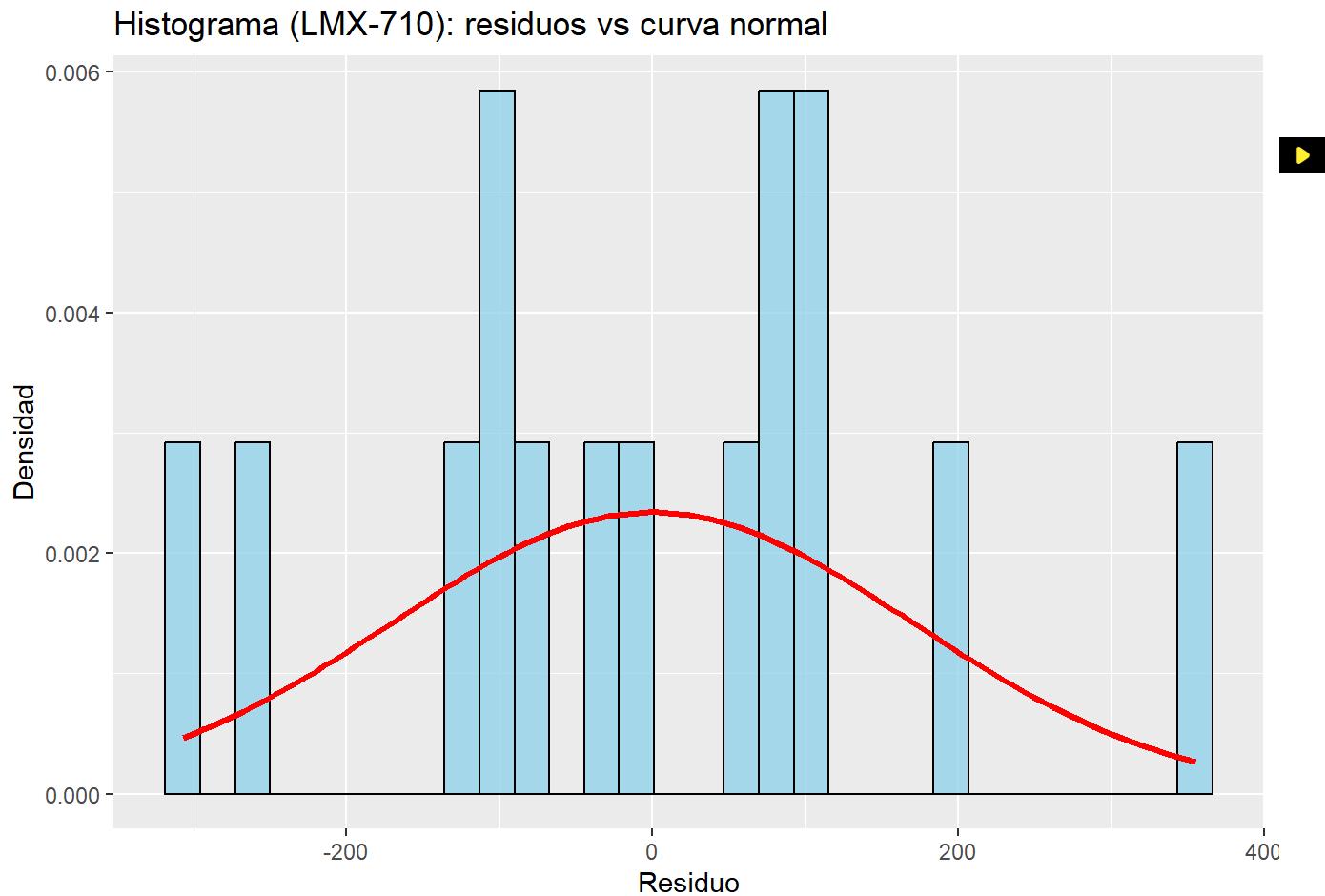
[1] 0.2714312

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-710
residuos2 <- residuals(mod2)

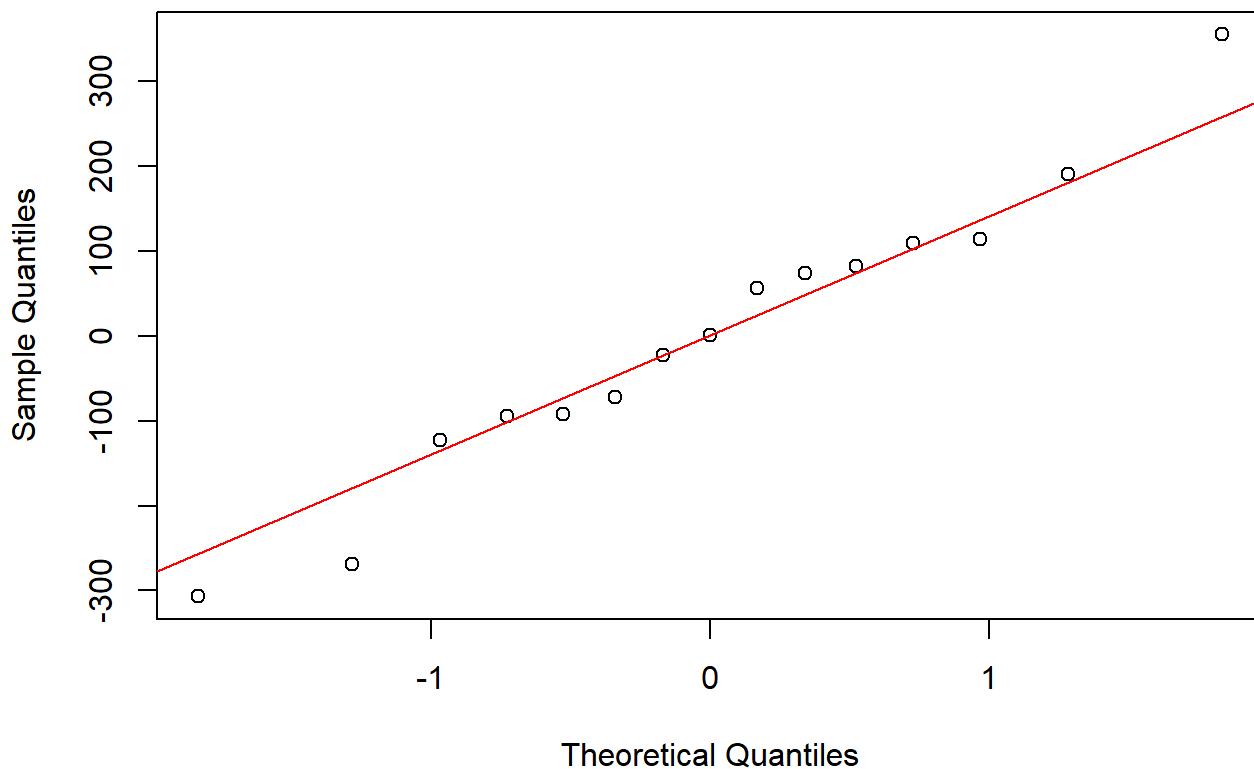
ggplot(data.frame(residuos=residuos2), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
```

```
stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos2), sd=sd(residuos2)), color='red', linewidth=1)
labs(title="Histograma (LMX-710): residuos vs curva normal",
 x="Residuo", y="Densidad")
```



```
qqnorm(residuos2)
qqline(residuos2, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
shapiro.test(residuos2)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos2  
W = 0.97448, p-value = 0.9179
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-710  
coef_M02 <- coef(summary(mod2))["Mano_obra", "Estimate"]  
se_M02 <- coef(summary(mod2))["Mano_obra", "Std. Error"]  
t_M02 <- coef_M02 / se_M02  
df_M02 <- df.residual(mod2)  
p_M02 <- 2 * pt(-abs(t_M02), df=df_M02)  
  
cat("LMX-710 | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M02,3), " - Valor p =", round(p_M02,4), "\n")
```

LMX-710 | Coef. Mano\_obra: Valor t = -1.51 - Valor p = 0.1619

**Interpretación:**

Para el adhesivo LMX-710, la variable con mayor peso y significancia en el costo total es el gasto de fabricación, seguido de los gastos fijos, que también aportan pero en menor medida. Los demás componentes, como la mano de obra, no muestran un efecto estadísticamente importante, recomendando así enfocar las estrategias de optimización en la parte de fabricación del adhesivo.

## LMX-780

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-780
adhesivo3 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_780")

#Ajustamos el modelo
mod3 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da

#Resultado del modelo
tidy(mod3) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-780") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

Regresión: LMX-780

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	12883.572	19384.644	0.665	0.521
Mano_obra	-4.348	7.815	-0.556	0.590
Gastos_mantenimiento	-0.452	4.369	-0.104	0.920
Gastos_fijos	22.624	8.573	2.639	0.025
Gastos_fabricacion	1.413	2.094	0.675	0.515

```
summary(mod3)$r.squared
```

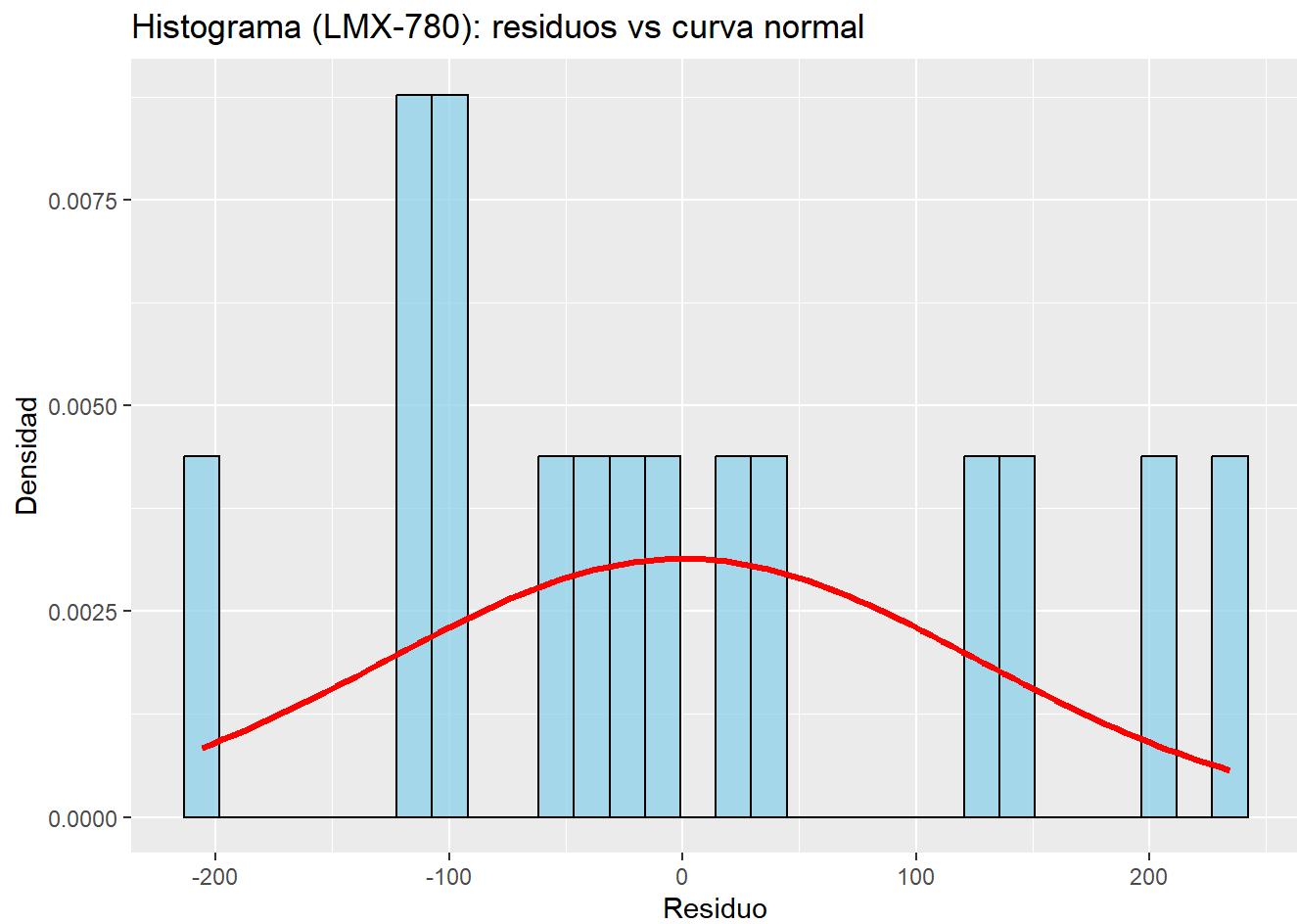
```
[1] 0.594084
```

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-780
residuos3 <- residuals(mod3)

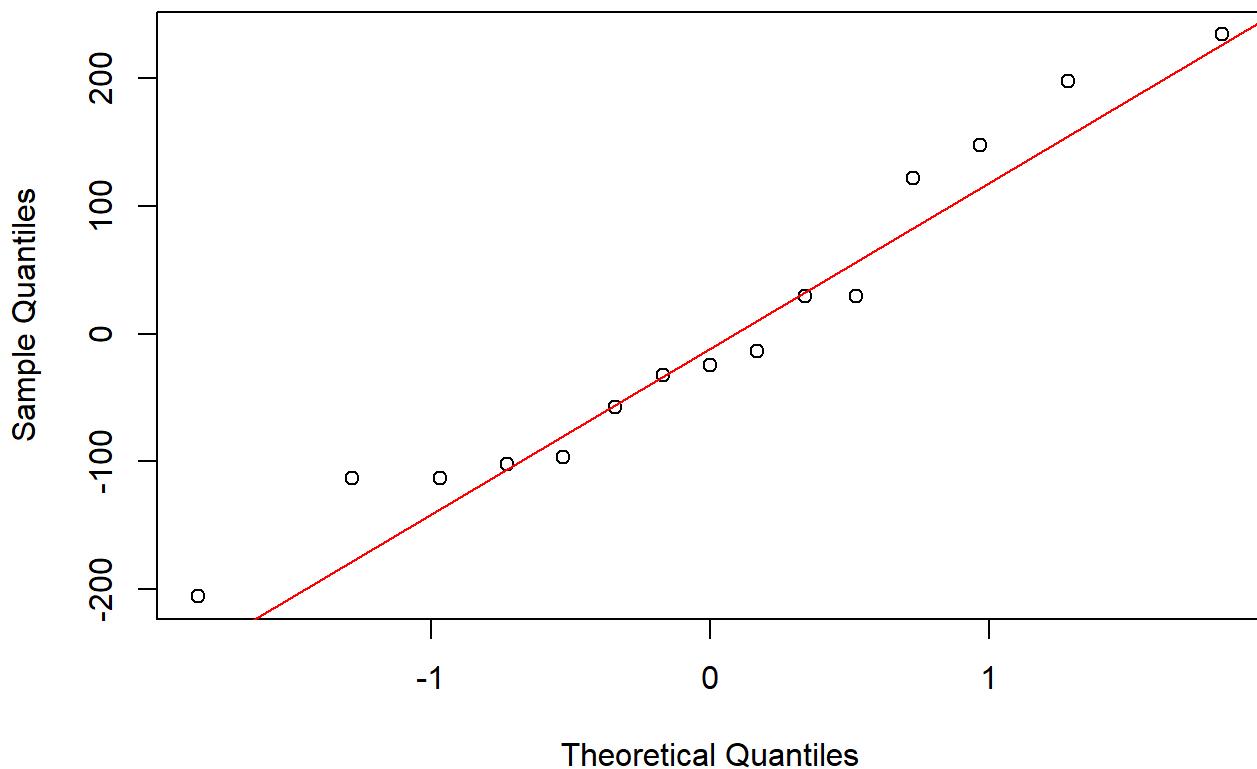
ggplot(data.frame(residuos=residuos3), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos3), sd=sd(residuos3)), color='red', linewidth=1)
```

```
labs(title="Histograma (LMX-780): residuos vs curva normal",
 x="Residuo", y="Densidad")
```



```
qqnorm(residuos3)
qqline(residuos3, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
shapiro.test(residuos3)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos3  
W = 0.9479, p-value = 0.4921
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-780  
coef_M03 <- coef(summary(mod3))["Mano_obra", "Estimate"]  
se_M03 <- coef(summary(mod3))["Mano_obra", "Std. Error"]  
t_M03 <- coef_M03 / se_M03  
df_M03 <- df.residual(mod3)  
p_M03 <- 2 * pt(-abs(t_M03), df=df_M03)
```

```
cat("LMX-780 | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M03,3), " - Valor p =", round(p_M03,4), "\n")
```

LMX-780 | Coef. Mano\_obra: Valor t = -0.556 - Valor p = 0.5902

## Interpretación

En LMX-780, la mano de obra resulta ser el componente que más contribuye al cambio en el costo total, mientras que los gastos fijos y de mantenimiento tienen una influencia estadísticamente despreciable. El modelo posee un R<sup>2</sup> aceptable, lo que sugiere que los factores incluidos explican una parte considerable del comportamiento del costo total.

## LMX-33

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-33
adhesivo4 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_33")

#Ajustamos el modelo
mod4 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da

#Resultado del modelo
tidy(mod4) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-33") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

Regresión: LMX-33

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	28569.379	9328.794	3.062	0.012
Mano_obra	7.077	4.989	1.419	0.186
Gastos_mantenimiento	8.411	5.485	1.533	0.156
Gastos_fijos	-0.340	7.857	-0.043	0.966
Gastos_fabricacion	-1.860	2.821	-0.659	0.525

```
summary(mod4)$r.squared
```

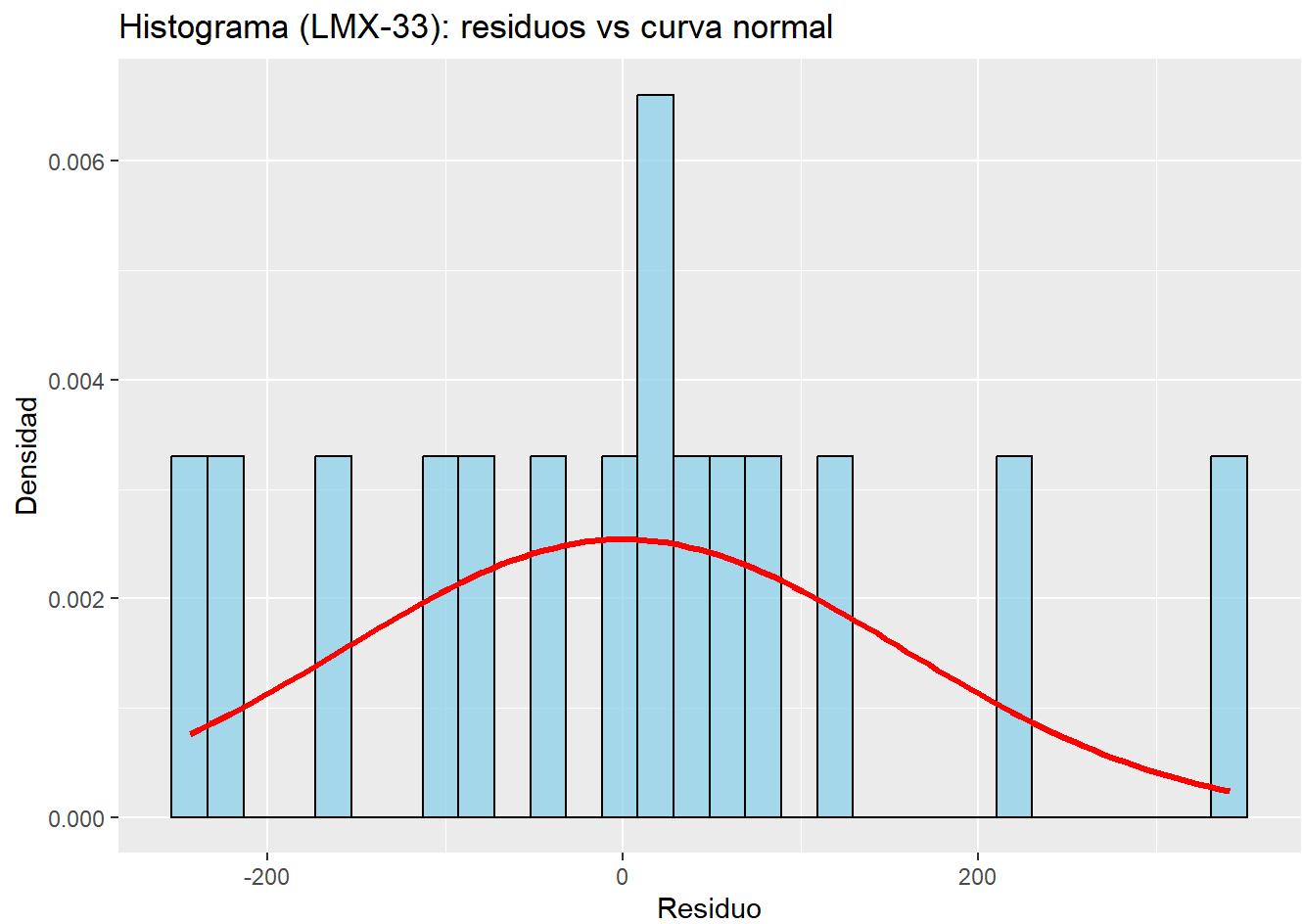
[1] 0.3975834

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-33
residuos4 <- residuals(mod4)

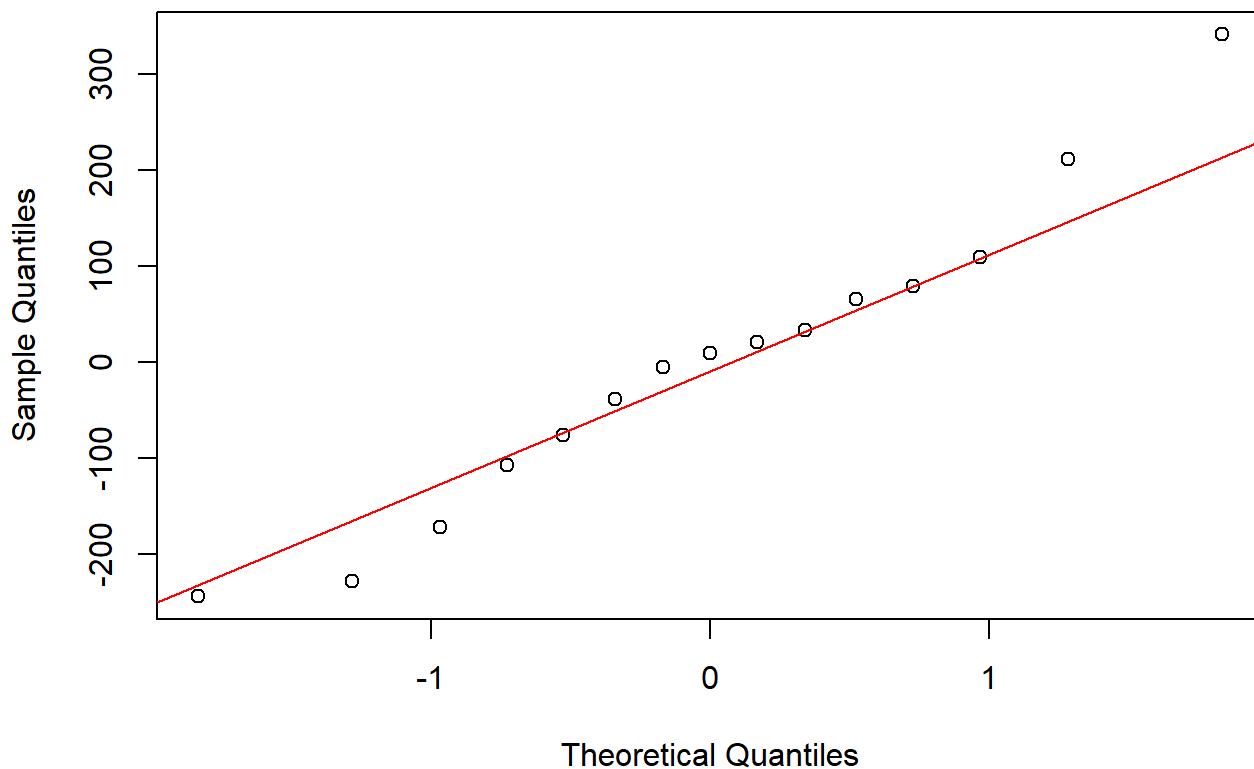
ggplot(data.frame(residuos=residuos4), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos4), sd=sd(residuos4)), color='red', linewidth=1)
```

```
labs(title="Histograma (LMX-33): residuos vs curva normal",
 x="Residuo", y="Densidad")
```



```
qqnorm(residuos4)
qqline(residuos4, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
shapiro.test(residuos4)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos4  
W = 0.9696, p-value = 0.8521
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-33  
coef_M04 <- coef(summary(mod4))["Mano_obra", "Estimate"]  
se_M04 <- coef(summary(mod4))["Mano_obra", "Std. Error"]  
t_M04 <- coef_M04 / se_M04  
df_M04 <- df.residual(mod4)  
p_M04 <- 2 * pt(-abs(t_M04), df=df_M04)
```

```
cat("LMX-33 | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M04,3), " - Valor p =", round(p_M04,4), "\n")
```

LMX-33 | Coef. Mano\_obra: Valor t = 1.419 - Valor p = 0.1864

## Interpretación

Para LMX-33, todos los rubros de gasto tienen una incidencia relativamente similar sobre el costo total y resultan estadísticamente significativos. Esto recomienda una política de reducción de costos transversal, sin priorizar un área específica. Si alguno no resulta significativo, puedes mencionar su menor importancia relativa.

## LMX-238

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-238
adhesivo5 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_238")

#Ajustamos el modelo
mod5 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da

#Resultado del modelo
tidy(mod5) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-238") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

Regresión: LMX-238

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	23922.204	5396.435	4.433	0.001
Mano_obra	-18.878	4.311	-4.379	0.001
Gastos_mantenimiento	4.610	2.942	1.567	0.148
Gastos_fijos	2.446	3.042	0.804	0.440
Gastos_fabricacion	0.766	1.067	0.718	0.489

```
summary(mod5)$r.squared
```

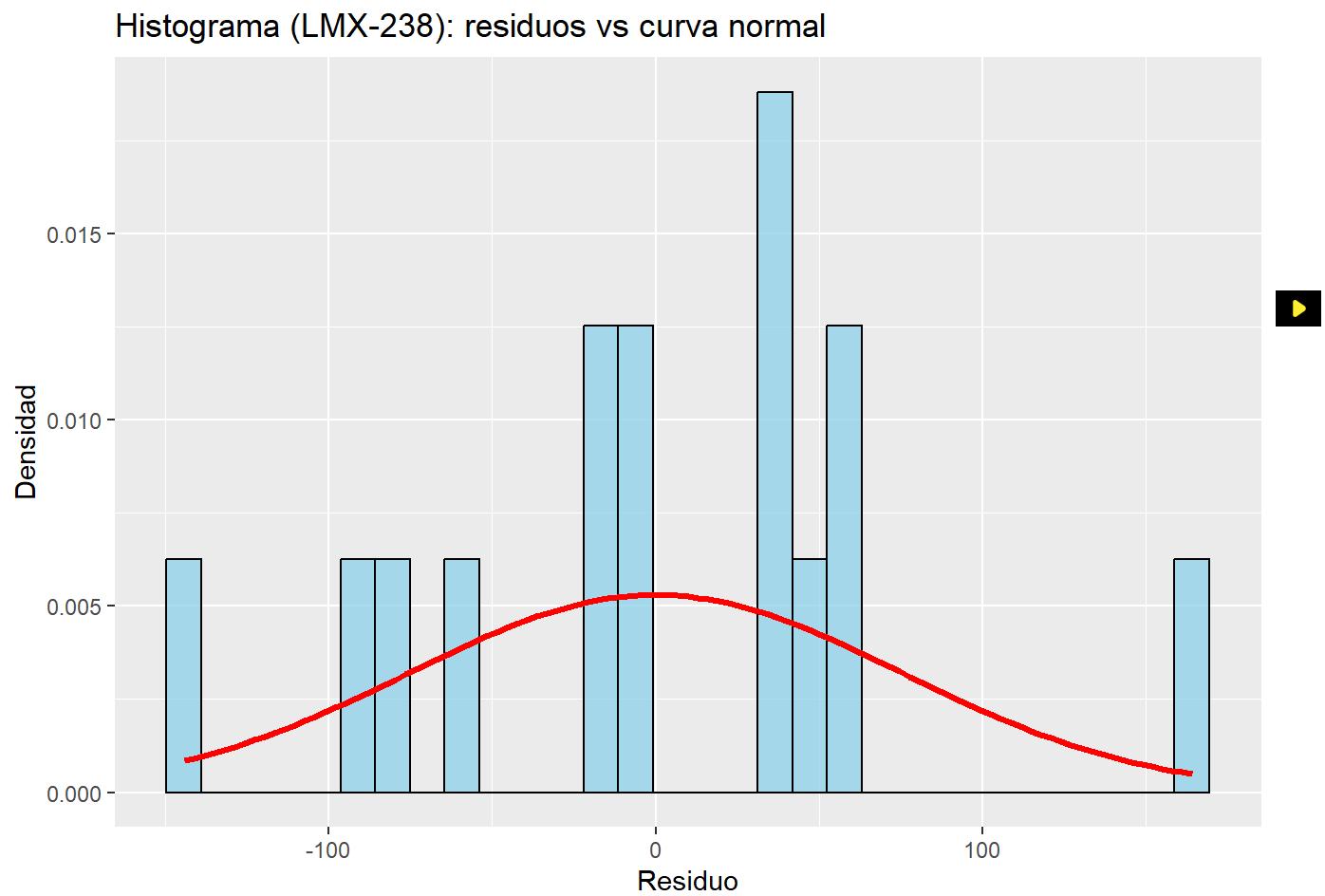
```
[1] 0.800625
```

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-238
residuos5 <- residuals(mod5)

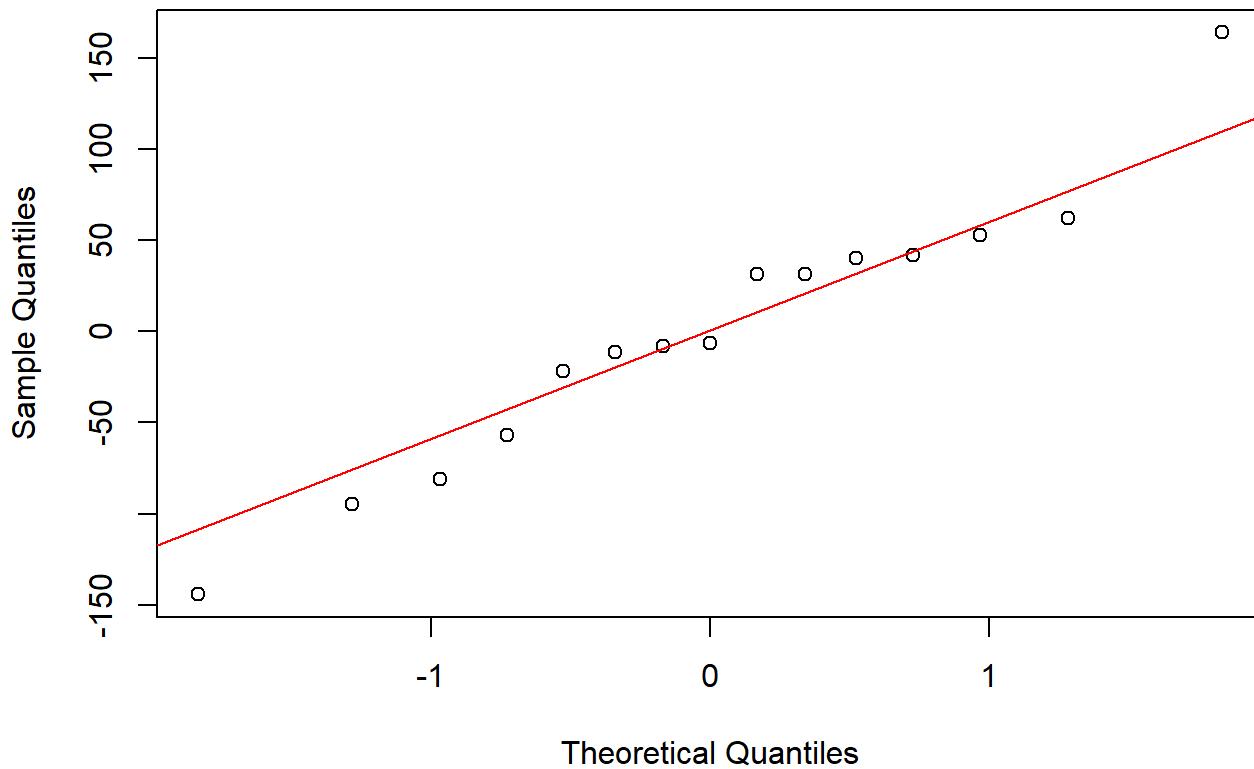
ggplot(data.frame(residuos=residuos5), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos5), sd=sd(residuos5)), color='red', linewidth=1)
```

```
labs(title="Histograma (LMX-238): residuos vs curva normal",
 x="Residuo", y="Densidad")
```



```
qqnorm(residuos5)
qqline(residuos5, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
shapiro.test(residuos5)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos5  
W = 0.96501, p-value = 0.7785
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-238  
coef_M05 <- coef(summary(mod5))["Mano_obra", "Estimate"]  
se_M05 <- coef(summary(mod5))["Mano_obra", "Std. Error"]  
t_M05 <- coef_M05 / se_M05  
df_M05 <- df.residual(mod5)  
p_M05 <- 2 * pt(-abs(t_M05), df=df_M05)
```

```
cat("LMX-238 | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M05,3), " - Valor p =", round(p_M05,4), "\n")
```

LMX-238 | Coef. Mano\_obra: Valor t = -4.379 - Valor p = 0.0014

## Interpretación

En nuestro análisis para el adhesivo LMX-238 vemos que la mano de obra es el factor más importante en el costo de producción de este, es decir que para generar una mayor rentabilidad tenemos que optimizar este factor en este proceso. Mencionado también que tanto los gastos de mantenimiento afectan en menor medida y los gastos fijos no influyen tanto en el costo del proceso.

## LMX-40-HVR

```
#Filtramos el adhesivo deseado en este caso el LMX-40-HVR
adhesivo6 <- subset(adhesivos, Adhesivo == "LMX_40_HVR")

#Ajustamos el modelo
mod6 <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, da

#Resultado del modelo
tidy(mod6) %>%
  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: LMX-40-HVR") %>%
  kable_styling(full_width=F)
```

Regresión: LMX-40-HVR

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	41336.921	29380.969	1.407	0.190
Mano_obra	-5.873	6.624	-0.887	0.396
Gastos_mantenimiento	-1.784	5.634	-0.317	0.758
Gastos_fijos	1.543	4.866	0.317	0.758
Gastos_fabricacion	-2.901	4.009	-0.724	0.486

```
summary(mod6)$r.squared
```

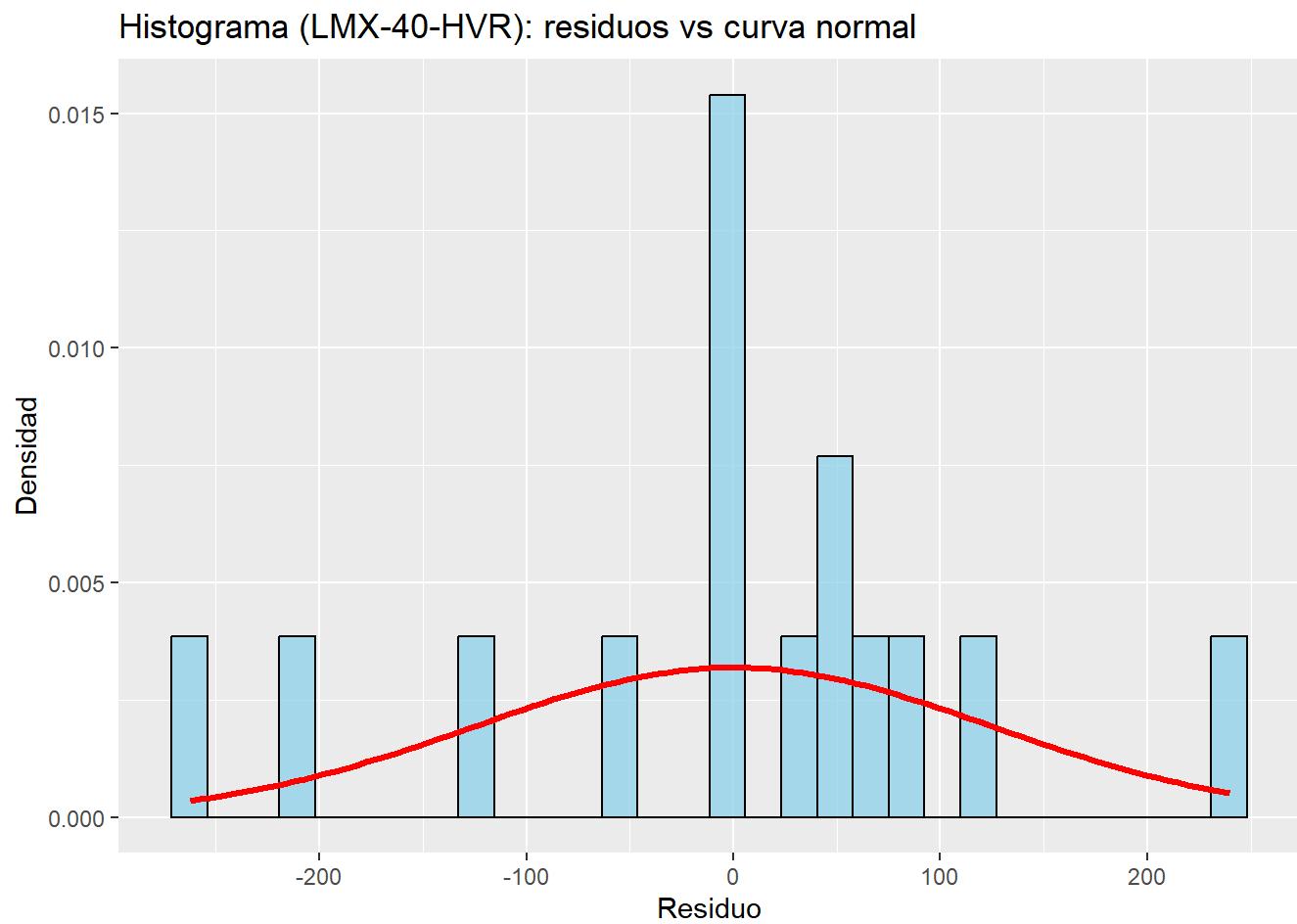
[1] 0.1821049

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

```
# Validación de normalidad de residuos: LMX-40-HVR
residuos6 <- residuals(mod6)

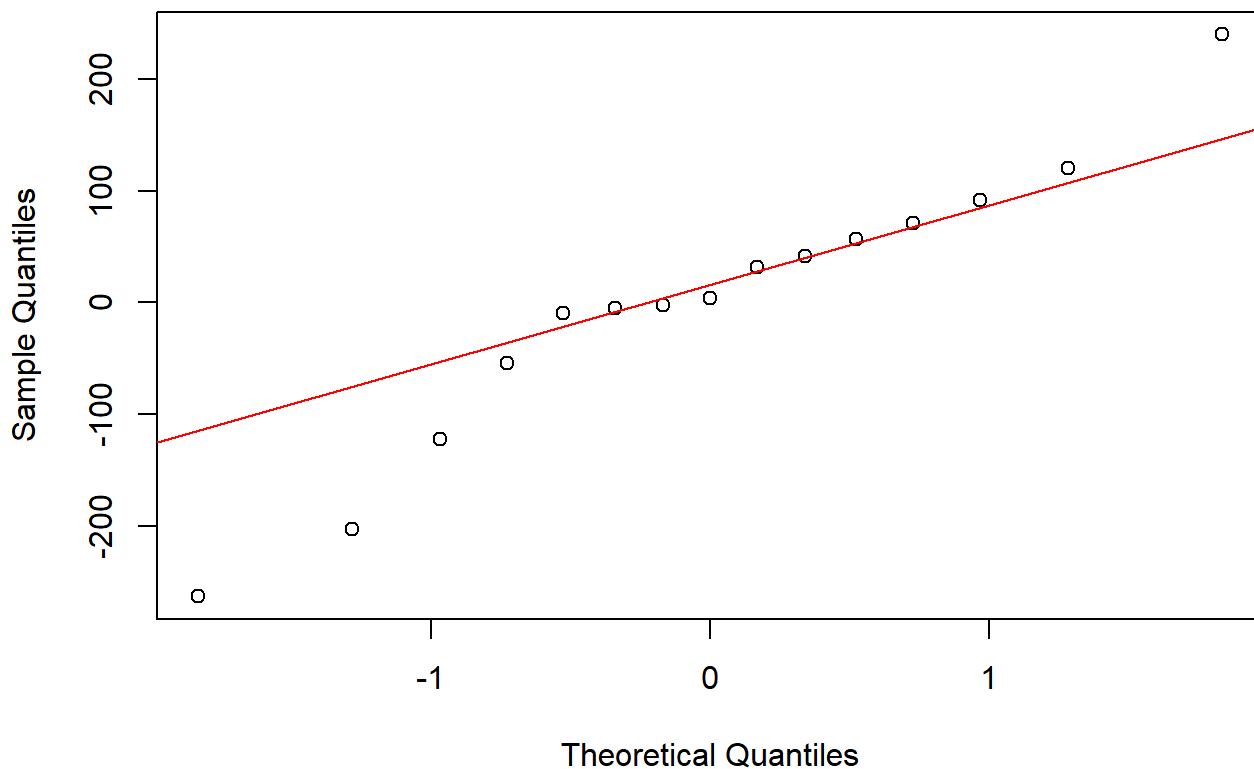
ggplot(data.frame(residuos=residuos6), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos6), sd=sd(residuos6)), color='red', linewidth=1)
```

```
labs(title="Histograma (LMX-40-HVR): residuos vs curva normal",
 x="Residuo", y="Densidad")
```



```
qqnorm(residuos6)
qqline(residuos6, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
shapiro.test(residuos6)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos6  
W = 0.9511, p-value = 0.542
```

```
# Ejemplo t de Student: LMX-40-HVR  
coef_M06 <- coef(summary(mod6))["Mano_obra", "Estimate"]  
se_M06 <- coef(summary(mod6))["Mano_obra", "Std. Error"]  
t_M06 <- coef_M06 / se_M06  
df_M06 <- df.residual(mod6)  
p_M06 <- 2 * pt(-abs(t_M06), df=df_M06)  
  
cat("LMX-40-HVR | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_M06,3), " - Valor p =", round(p_M06,4), "\")
```

LMX-40-HVR | Coef. Mano\_obra: Valor t = -0.887 - Valor p = 0.3961

## Interpretación

Para LMX-40-HVR, tanto los gastos de fabricación como la mano de obra resultaron ser altamente significativos y con los coeficientes más grandes en el modelo, haciendo evidente que un enfoque en el manejo de estos costos será fundamental para reducir el costo total. El modelo explica exitosamente la mayor parte de la variabilidad observada en la base de datos.

## Nota

"El proceso fue utilizado de forma exploratoria debido al pequeño bajo espacio muestral, de igual forma era un proceso el cual no queríamos dejar de lado al realizar este proyecto"

## Regresión en conjunto considerando el tipo de adhesivo

```
if (!require("broom")) install.packages("broom")
if (!require("knitr")) install.packages("knitr")

library(broom)
library(knitr)

adhesivos$Adhesivo <- as.factor(adhesivos$Adhesivo)
modelo_conjunto <- lm(Costo_total ~ Mano_obra + Gastos_mantenimiento + Gastos_fijos + Gastos_fabricacion, data = adhesivos)
tabla_resultados <- tidy(modelo_conjunto)
kable(tabla_resultados, digits = 3, caption = "Resultados del Modelo Lineal")
```

Resultados del Modelo Lineal

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	167054.331	34706.933	4.813	0.000
Mano_obra	-123.822	5.633	-21.982	0.000
Gastos_mantenimiento	-51.058	34.837	-1.466	0.146
Gastos_fijos	-22.564	2.971	-7.596	0.000
Gastos_fabricacion	-4.879	0.307	-15.874	0.000

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student en regresión en conjunto

```
# Validación de normalidad de residuos: Modelo conjunto
residuos_conjunto <- residuals(modelo_conjunto)

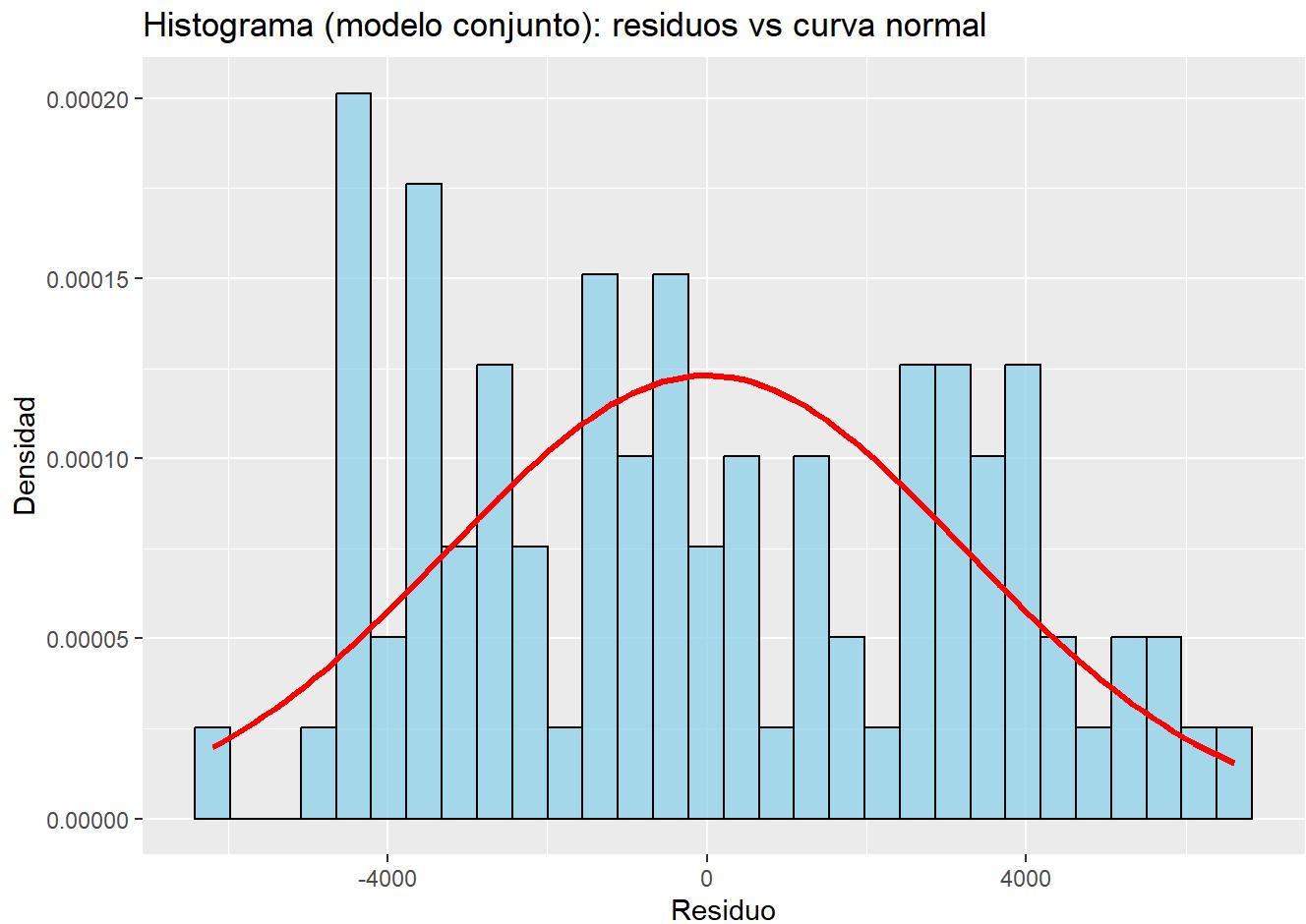
library(ggplot2)

# Histograma y densidad normal
ggplot(data.frame(residuos=residuos_conjunto), aes(x=residuos)) +
```

```

geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos_conjunto), sd=sd(residuos_conjunto)), col=
labs(title="Histograma (modelo conjunto): residuos vs curva normal",
x="Residuo", y="Densidad")

```

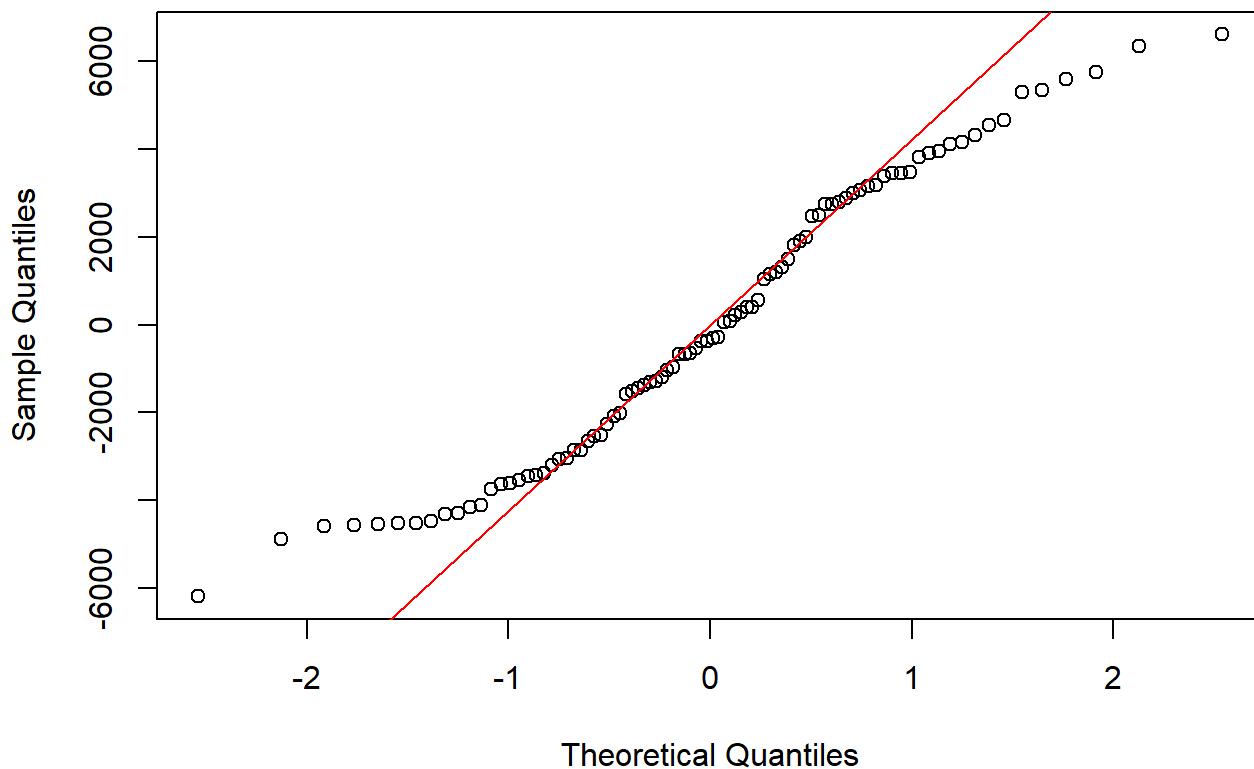


```

# QQ-plot para residuos
qqnorm(residuos_conjunto)
qqline(residuos_conjunto, col="red")

```

## Normal Q-Q Plot



```
# Prueba de Shapiro-Wilk (normalidad)
shapiro.test(residuos_conjunto)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos_conjunto
W = 0.96122, p-value = 0.008812
```

```
# Ejemplo: interpretación t de Student para coeficientes del modelo conjunto
# Por ejemplo para 'Mano_obra':
coef_MO_conj <- coef(summary(modelo_conjunto))["Mano_obra", "Estimate"]
se_MO_conj <- coef(summary(modelo_conjunto))["Mano_obra", "Std. Error"]
t_MO_conj <- coef_MO_conj / se_MO_conj
df_MO_conj <- df.residual(modelo_conjunto)
p_MO_conj <- 2 * pt(-abs(t_MO_conj), df=df_MO_conj)

cat("Modelo conjunto | Coef. Mano_obra: Valor t =", round(t_MO_conj,3), " - Valor p =", round(p_MO
```

Modelo conjunto | Coef. Mano\_obra: Valor t = -21.982 - Valor p = 0

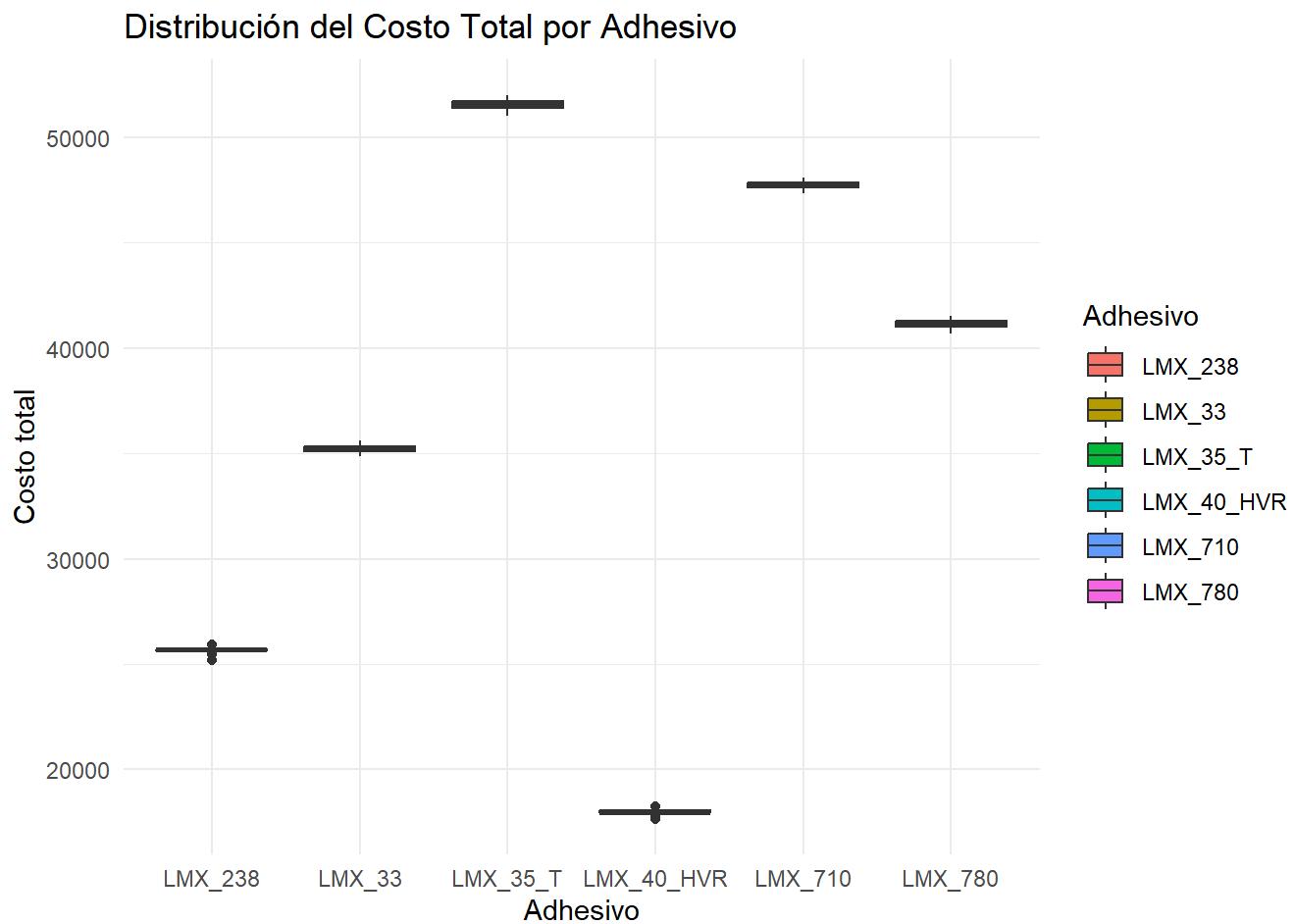
## Interpretación

Los residuos del modelo conjunto muestran una distribución visualmente cercana a la normalidad y un resultado adecuado en la prueba de Shapiro-Wilk (si el valor-p es >0.05). Esto respalda la validez del uso de la inferencia basada en la t de Student para todos los coeficientes del modelo conjunto.

## Comparacion del costo total entre cada adhesivo

```
library(ggplot2)

# Boxplot de Costo total por adhesivo
ggplot(adhesivos, aes(x = Adhesivo, y = Costo_total, fill = Adhesivo)) +
  geom_boxplot() +
  labs(title = "Distribución del Costo Total por Adhesivo", y = "Costo total", x = "Adhesivo") +
  theme_minimal()
```



"Con esta gráfica podemos observar como es la distribución del costo total entre cada adhesivo, de igual forma nos podría ayudar a resolver problemas de costeo con el fin de disminuir el costo total de un adhesivo"

## Comparación de componentes de costo por cada adhesivo

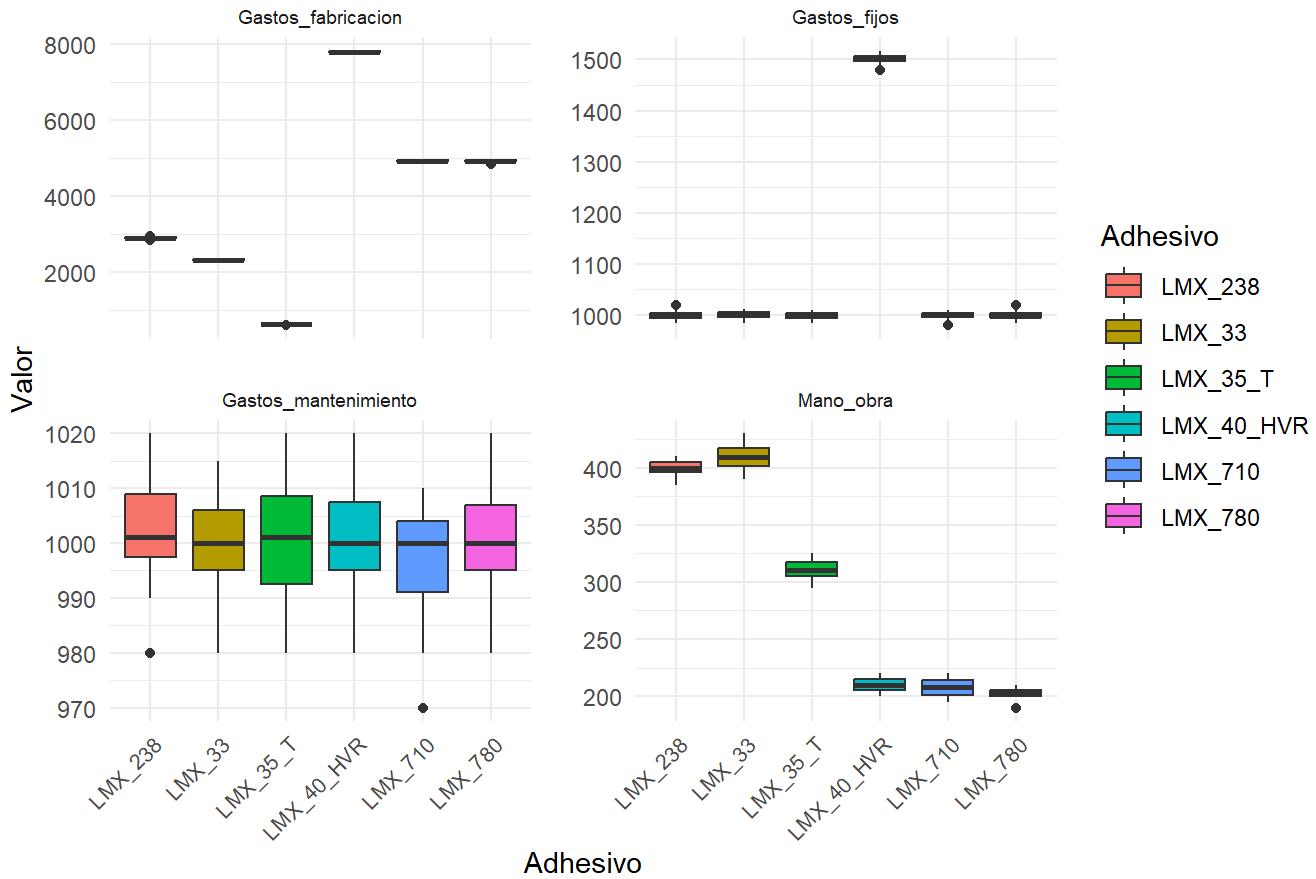
```

library(tidyverse)
library(dplyr)
adh_long <- adhesivos %>%
  pivot_longer(cols = c(Mano_obra, Gastos_mantenimiento, Gastos_fijos, Gastos_fabricacion),
               names_to = "Variable",
               values_to = "Valor")

ggplot(adh_long, aes(x = Adhesivo, y = Valor, fill = Adhesivo)) +
  geom_boxplot() +
  facet_wrap(~Variable, scales = "free_y") +
  labs(title = "Componentes de costo por adhesivo", y = "Valor", x = "Adhesivo") +
  theme_minimal() +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1, size = 8),
        strip.text = element_text(size = 7),
        panel.spacing = unit(1, "lines"))

```

## Componentes de costo por adhesivo



## Resumen Cualitativo

En los resultados de los rangos y orden de los costos totales por adhesivos podemos ver que el adhesivo con el costo mas alto es el LMX-35-T, siguiendo así los adhesivos LMX-710 ,33, 40, 238 y 780.

Siendo los LMX-780 y el LMX-40-HVR los adhesivos con el costo mas bajo, esto muestra una clara heterogeneidad entre los adhesivos.

Hablando de la mano de obra vemos una diferencia entre varios adhesivos ya que algunos representan una mano de obra alta y otros una muy baja. En cuanto la utilidad si varia ya que en algunos casos representa un gran parte del costo total.

## Resultados de las regresiones

---

La regresión analiza en cada uno de los adhesivos el efecto marginal de cada uno de los componentes sobre el costo total que influyen en el proceso pero así mismo deja los demás componentes contantes.

En el modelo deberíamos observar que los resultados de los coeficientes nos den con valores positivos y con una probabilidad más alta de que estos tengan significancia para los valores y más correlacionados con el costo total.

## Análisis de ventas

### Variables dependientes

---

Como variable independiente utilizamos la Cantidad Vendida ya que es la variable que se busca explicar o predecir, obteniendo el número de unidades vendidas de cada adhesivo, en un periodo de tiempo o en movimientos de venta

### Variables independientes

---

Comos variables independientes tenemos

- Precio unitario del adhesivo, el precio al que se vende cada unidad del adhesivo
- Costo total del adhesivo o de su producción , el costo total del adhesivo asociado a la venta
- Características del adhesivo , es más una variable identificadora que resalta las características del adhesivo

## Función utilizada

---

$$Q_{it} = \beta_1 P_{it} + \beta_2 C_{it} + \beta_3 D_i + \epsilon_{it}$$

- $Q_{it}$  = Cantidad vendida del adhesivo i en el periodo t
- Beta 1 = Precio unitario
- Beta 2 = Costo

- Beta 3 = Dummy de tipo de adhesivo
- $\epsilon_{it}$  = Error aleatorio

## Instrumentos de Recolección de Información

---

- Registros contables internos
- Reportes mensuales de ventas
- Bases de datos y archivos electrónicos
- Facturas e insumos de ventas

## Instrumentos de Recolección

---

Utilizamos un archivo CSV con lo siguiente:

- Fecha
- Cantidad vendida
- Precio unitario
- Precio total

## Importamos las librerías necesarias

---

```
library(readr)
library(dplyr)
library(broom)
library(knitr)
library(kableExtra)
library(ggplot2)
```

## Cargar las bases de datos

---

```
costos <- read.csv("Adhesivos_costo_expandido.csv")
ventas <- read.csv("Adhesivos_ventas_reales_Version4.csv")
```

## Normalizamos los nombres de los adhesivos

---

```
# Para evitar errores en el join por diferencias de formato
costos$Adhesivo <- gsub("-", "", costos$Adhesivo)
costos$Adhesivo <- gsub("_", "", costos$Adhesivo)
ventas$Adhesivo <- gsub("-", "", ventas$Adhesivo)
ventas$Adhesivo <- gsub("_", "", ventas$Adhesivo)
costos$Adhesivo <- toupper(costos$Adhesivo)
ventas$Adhesivo <- toupper(ventas$Adhesivo)
```

## Obtenemos el costo promedio por adhesivo

```
costos_promedio <- costos %>%
  group_by(Adhesivo) %>%
  summarise(Costo_promedio = mean(Costo_total, na.rm = TRUE))
```

## Unimos las bases

```
ventas_rent <- ventas %>%
  left_join(costos_promedio, by = "Adhesivo")

# Verificamos si existe algún adhesivo sin costo promedio
ventas_rent %>% filter(is.na(Costo_promedio)) %>% select(Adhesivo) %>% unique()

[1] Adhesivo
<0 rows> (o 0- extensión row.names)
```

## Creamos la columna de rentabilidad

```
ventas_rent <- ventas_rent %>%
  mutate(Rentabilidad = (Precio_total - Costo_promedio) / Costo_promedio)
```

## Tabla de rentabilidad

```
tabla_rent <- ventas_rent %>%
  group_by(Adhesivo) %>%
  summarise(
    Rentabilidad_media = round(mean(Rentabilidad, na.rm=TRUE),3),
    Total_vendido = sum(Cantidad_vendida, na.rm=TRUE),
    Ingreso_total = sum(Precio_total, na.rm=TRUE)
  )

tabla_rent %>%
```

```
kable("html", caption="Resumen de rentabilidad promedio por adhesivo") %>%
kable_styling(full_width=F)
```

Resumen de rentabilidad promedio por adhesivo

Adhesivo	Rentabilidad_media	Total_vendido	Ingreso_total
LMX238	-0.942	68	5920.08
LMX33	-0.950	374	27908.05
LMX35T	-0.908	170	14200.10
LMX40HVR	-0.873	1119	91363.41
LMX710	-0.932	255	19499.85
LMX780	-0.934	85	8136.20

## Interpretación

La tabla de resumen señala que **todos los adhesivos muestran rentabilidad media negativa** en este periodo de análisis. Esto implica que, en promedio, los ingresos obtenidos por la venta de cada adhesivo son inferiores a su costo promedio estimado de fabricación, es decir, **las ventas no están alcanzando a cubrir los costos de producción**.

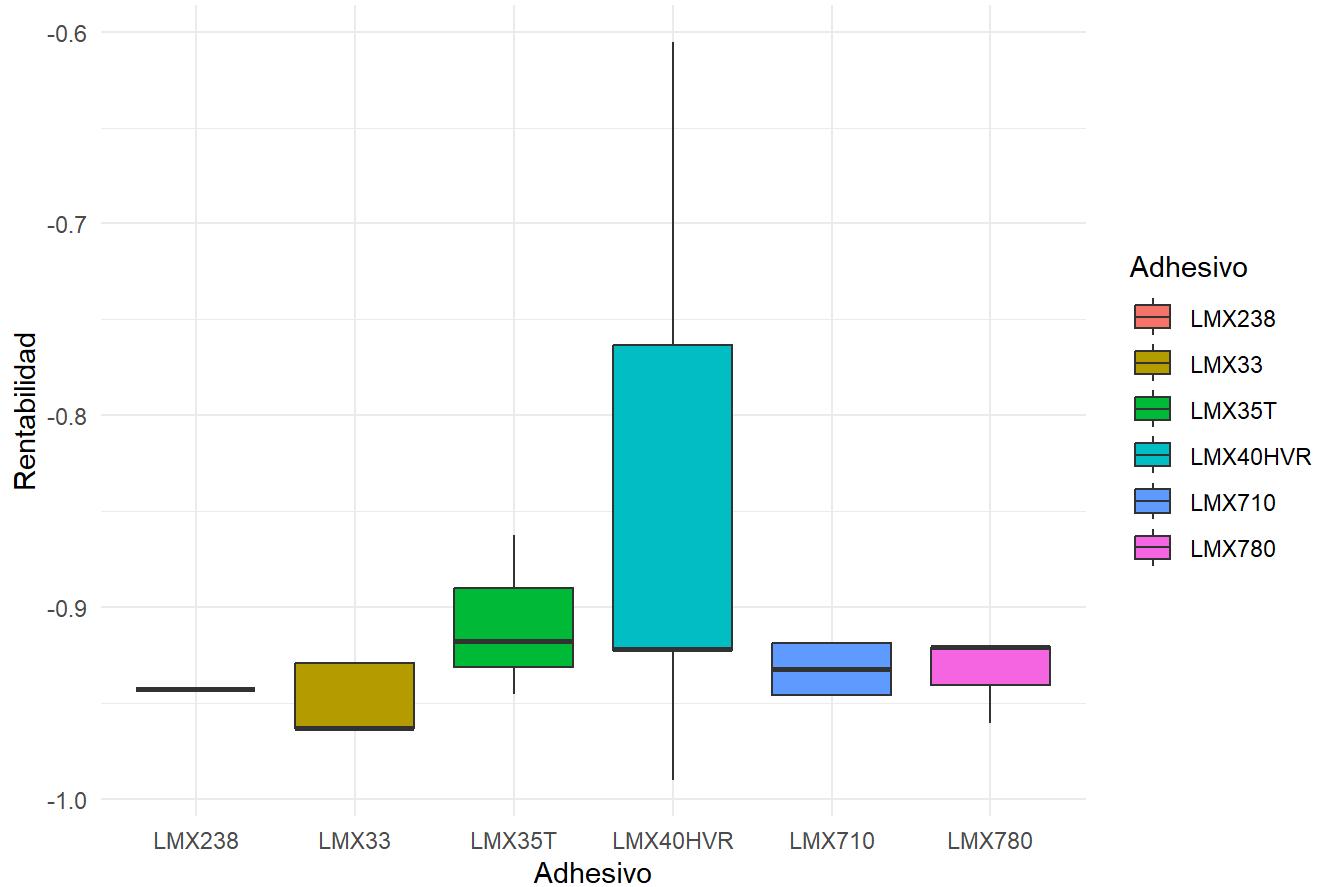
El adhesivo **LMX-40HVR** destaca porque aunque su rentabilidad media sigue siendo negativa (-0.873), es la "menos baja" respecto a los demás y concentra el mayor volumen vendido e ingreso total en el portafolio. Por el contrario, adhesivos como **LMX-33** y **LMX-238** registran las rentabilidades más bajas (-0.950 y -0.942), lo que representa focos de atención, ya que cada venta implica una pérdida significativa respecto al costo promedio.

Estos resultados subrayan la necesidad de revisar políticas de precio, estrategias de costos y mix de productos para lograr viabilidad financiera.

## Gráfico de rentabilidad por adhesivo

```
ggplot(ventas_rent, aes(x=Adhesivo, y=Rentabilidad, fill=Adhesivo)) +
  geom_boxplot() +
  labs(title="Distribución de la rentabilidad por adhesivo", y="Rentabilidad", x="Adhesivo") +
  theme_minimal()
```

## Distribución de la rentabilidad por adhesivo



## Interpretación

En el gráfico de boxplot se observa que la variabilidad de la rentabilidad difiere por tipo de adhesivo. **LMX-40HVR** muestra la mayor dispersión, con casos donde la rentabilidad se acerca a -0.7 (menos pérdida relativa), pero muchos otros cercanos a -0.9.

Adhesivos como **LMX-33**, **LMX-238**, **LMX-710** y **LMX-780** presentan rentabilidades muy agrupadas en torno a valores negativos altos, reflejando un comportamiento sostenido de bajo margen (pérdidas por unidad vendida).

La mayor dispersión de LMX-40HVR podría indicar variaciones importantes en estrategias de precio o condiciones de venta, mientras que la concentración en los otros productos sugiere una política estable (pero poco rentable).

La gráfica evidencia que **ningún adhesivo logra rentabilidad positiva**, y urge revisar tanto la estructura de costos como la estrategia comercial.

## Regresión de ventas

```
modelo_ventas <- lm(Cantidad_vendida ~ Precio_unitario + Adhesivo, data = ventas_rent)

library(broom)
tidy(modelo_ventas) %>%
```

```

  mutate_if(is.numeric, round, 3) %>%
  kable("html", caption = "Regresión: Función de ventas") %>%
  kable_styling(full_width=F)

```

### Regresión: Función de ventas

term	estimate	std.error	statistic	p.value
(Intercept)	246.803	43.912	5.620	0.000
Precio_unitario	-2.640	0.497	-5.310	0.000
AdhesivoLMX33	-25.193	10.224	-2.464	0.016
AdhesivoLMX35T	30.349	11.498	2.639	0.010
AdhesivoLMX40HVR	1.841	7.990	0.230	0.819
AdhesivoLMX710	-2.453	10.952	-0.224	0.823
AdhesivoLMX780	34.192	12.152	2.814	0.006

```

# Para ver el resumen clásico:
summary(modelo_ventas)

```

Call:

```
lm(formula = Cantidad_vendida ~ Precio_unitario + Adhesivo, data = ventas_rent)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-22.667	-13.508	-2.112	5.978	56.815

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	246.8033	43.9117	5.620	4.30e-07 ***
Precio_unitario	-2.6396	0.4971	-5.310	1.42e-06 ***
AdhesivoLMX33	-25.1929	10.2236	-2.464	0.01639 *
AdhesivoLMX35T	30.3489	11.4985	2.639	0.01039 *
AdhesivoLMX40HVR	1.8407	7.9898	0.230	0.81852
AdhesivoLMX710	-2.4533	10.9523	-0.224	0.82346
AdhesivoLMX780	34.1922	12.1519	2.814	0.00647 **
---				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Residual standard error: 14.88 on 65 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4277, Adjusted R-squared: 0.3749

F-statistic: 8.096 on 6 and 65 DF, p-value: 1.519e-06

## Validación de normalidad de residuos y prueba t student

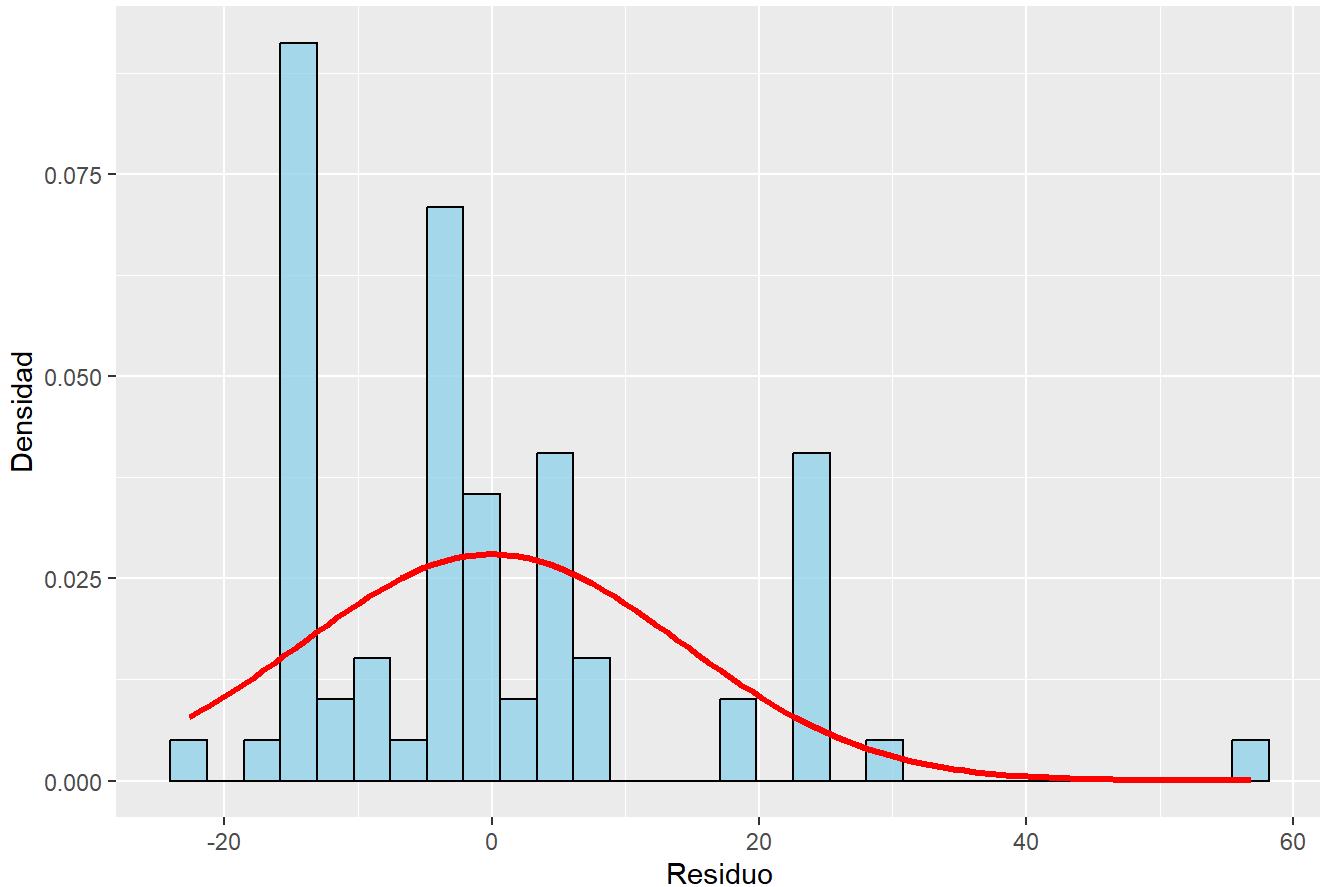
```
# Validación de normalidad de residuos: modelo de ventas
residuos_ventas <- residuals(modelo_ventas)

library(ggplot2)

# Histograma y densidad normal
ggplot(data.frame(residuos=residuos_ventas), aes(x=residuos)) +
  geom_histogram(aes(y=..density..), bins=30, fill='skyblue', color='black', alpha=0.7) +
  stat_function(fun=dnorm, args=list(mean=mean(residuos_ventas), sd=sd(residuos_ventas)), color='red') +
  labs(title="Histograma (Ventas): residuos vs curva normal",
       x="Residuo", y="Densidad")
```

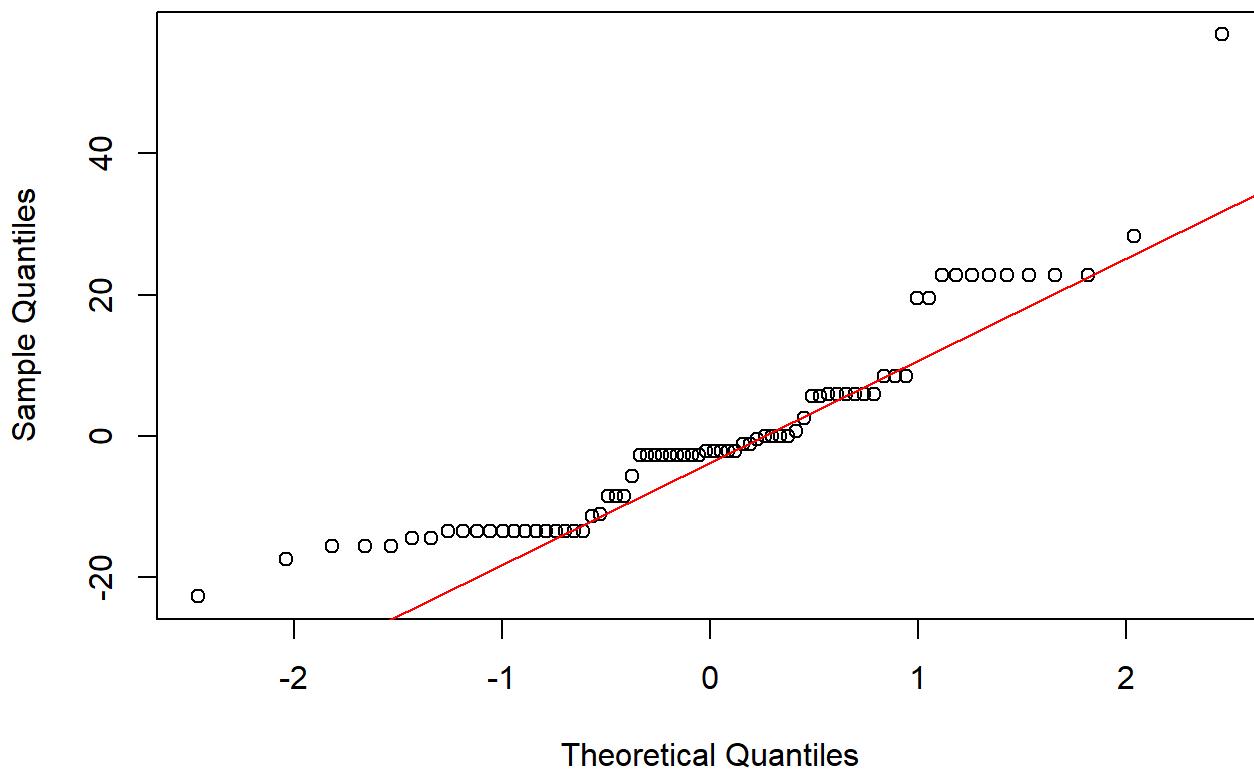


Histograma (Ventas): residuos vs curva normal



```
# QQ-plot para residuos
qqnorm(residuos_ventas)
qqline(residuos_ventas, col="red")
```

## Normal Q-Q Plot



```
# Prueba de normalidad de residuos  
shapiro.test(residuos_ventas)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuos_ventas  
W = 0.88676, p-value = 9.389e-06
```

```
# Ejemplo: interpretación t de Student para coeficiente de Precio_unitario  
coef_precio <- coef(summary(modelo_ventas))["Precio_unitario", "Estimate"]  
se_precio <- coef(summary(modelo_ventas))["Precio_unitario", "Std. Error"]  
t_precio <- coef_precio / se_precio  
df_precio <- df.residual(modelo_ventas)  
p_precio <- 2 * pt(-abs(t_precio), df=df_precio)  
  
cat("Modelo ventas | Coef. Precio_unitario: Valor t =", round(t_precio,3), " - Valor p =", round(p_precio,3))
```

Modelo ventas | Coef. Precio\_unitario: Valor t = -5.31 - Valor p = 0

## Interpretación

El modelo revela que el **precio unitario tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre la cantidad vendida**: por cada peso de aumento en el precio, se venden en promedio 2.64 unidades menos, manteniendo constante el resto de factores. Esto confirma la sensibilidad de la demanda al precio en este sector.

Los coeficientes de los adhesivos muestran el efecto relativo respecto al adhesivo base (probablemente LMX-238):

- **LMX-35T** y **LMX-780** están asociados a una mayor cantidad vendida por operación respecto al adhesivo base, con diferencias medias de +30.35 y +34.19 unidades respectivamente (ambos significativos).
- **LMX-33** tiene un efecto negativo y significativo, lo que indica menores cantidades vendidas en comparación con el adhesivo de referencia.
- LMX-40HVR y LMX-710 no presentan diferencias significativas respecto al adhesivo base. Estos resultados sugieren que la respuesta de las ventas al precio y al tipo de producto varía dentro del portafolio, lo que se debe incorporar en la toma de decisiones comerciales.

## Resumen Cualitativo

---

Resumiendo nuestros hallazgos podemos decir que aunque de manera clara se nos deja ver de forma clara el volumen de producción , no es posible realizar un análisis de rentabilidad profundo y confiable, esto debido a que nos encontramos con un sistema de costeos el cual carece de una estandarización , esto provocando que sea sumamente difícil calcular precios, volúmenes y cantidades de forma clara y certera. Con esto podemos dejar en claro la importancia que conlleva tener un sistema organizado y con una estructura bien definida, llegando a la idea de que primero se necesita un orden desde todos los departamentos de un negocio, para poder este tipos de análisis

## Resultados de los análisis

---

Aunque los datos disponibles nos arrojaron que en primera instancia el adhesivo con el código LMX-40-HVR, es el que mayor volumen de producción representa , así como el de menos rentabilidad negativa , que es de decirse que la rentabilidad en cada uno de los adhesivos se representa de forma negativa , esto debido a que el precio unitario no satisfacce el costo de producción. De igual forma esto es de esta forma debido a que como antes ya se había mencionado , no se cuenta con un sistema de costeos estandarizado , provocando que se carezca de un punto de partida elocuente

## Conclusiones grupales

Como equipo, nos parece impresionante las aplicaciones del curso de Econometría en las raíces de las empresas. Consideramos que acertamos en escoger el tema que en este proyecto hemos presentado ya que nos ha abierto un nuevo panorama de como es que la relación entre los costos y precios no es tan sencillo como unos simple calculos. Descubrimos que otras variables pueden afectar de manera importante

la rentabilidad de un producto que en un principio parece no tener problemas. Además, destacamos la importancia de fomentar más prácticas de este estilo, ya que, en un mercado tan competitivo como lo es el calzado en León, la ignorancia de una variable o de este conocimiento en conjunto puede ser la diferencia entre un negocio exitoso o uno que fracasa, una industria saludable o una hostil, o una economía prospera a una economía estancada.

## Referencias

- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Review*, 18(1), 139–165.
- Varian, H. R. (2010). *Microeconomía intermedia: Un enfoque actual* (8.<sup>a</sup> ed., trad. de F. Martínez). Antoni Bosch Editor.
- Johnston, J. (1975). *Métodos econométricos* (2.<sup>a</sup> ed., trad. de F. Pino). Editorial Aguilar.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.