

# **Selección del mejor banco para abrir una cuenta universitaria o joven**

Pablo Valdés Blasco

## **1. Introducción del problema**

El trabajo trata sobre el problema de decisión multicriterio:

**“Selección del mejor banco para abrir una cuenta universitaria o joven”.**

El objetivo es evaluar las **5 alternativas de bancos** (Santander, BBVA, CaixaBank, ING y Sabadell) basándose en una jerarquía de **3 criterios principales**:

- **Condiciones Económicas**
- **Servicios y Comodidad**
- **Accesibilidad y Beneficios**

y sus subcriterios correspondientes (comisiones, requisitos de vinculación, calidad de la banca online, atención al cliente, red de cajeros, beneficios para jóvenes, etc.).

Para ello, se aplicarán las técnicas vistas en clase:

- El **Proceso Analítico Jerárquico (AHP)**, primero con el paquete `ahp` y después mediante las funciones en R de la asignatura.
- El método **ELECTRE I**.
- El método **PROMETHEE II**.

Finalmente, se compararán los resultados y se extraerán conclusiones sobre las posibles diferencias entre métodos.

## 2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Para el método AHP, se utiliza el paquete `ahp` de R. Este método requiere la definición de la jerarquía y la comparación por pares de todos los elementos en cada nivel, lo cual se ha definido en el fichero `bancos.ahp`.

### 2.1 Cálculo del Modelo AHP (con librería)

```
# Cargar librerías
library(ahp)
library(knitr)
library(kableExtra)
```

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

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
```

```

Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```

# Cargar y Calcular AHP

# 1. Cargar el modelo desde el fichero
model <- ahp::Load("bancos.ahp")

# 2. Calcular las prioridades
ahp::Calculate(model)

# 3. Analizar los resultados
results_table <- as.data.frame(ahp::AnalyzeTable(model))
results_priority <- as.data.frame(ahp::AnalyzeTable(model, variable = "priority", sort = "order"))

rownames(results_table) <- results_table[, 1]
rownames(results_priority) <- results_priority[, 1]

```

## 2.2 Diagrama de jerarquía

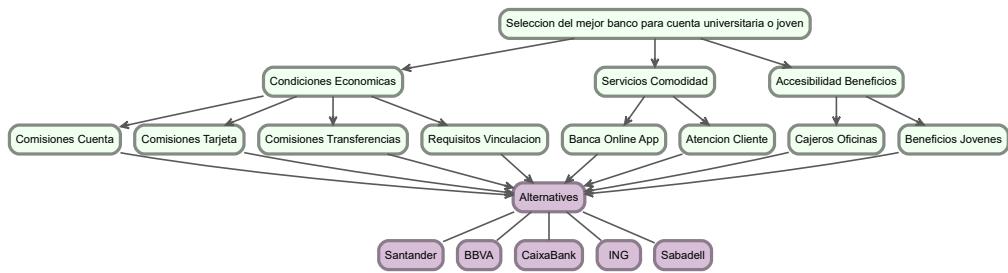
```

# Mostrar Diagrama
Visualize(model)

```

PhantomJS not found. You can install it with webshot::install\_phantomjs(). If it is installed

file:///C:/Users/pablo/AppData/Local/Temp/RtmpEbx3Ld/file6b04419609/widget6b0603732e0.html s



## 2.3 Resultados y Análisis AHP

Las tablas generadas por el paquete ahp nos permiten analizar el ranking final de los bancos, los pesos de cada criterio y subcriterio, además de la consistencia de nuestros juicios en las matrices de comparación.

```
# 1. Tabla de Análisis (Resultados Finales AHP)
tbl(results_table, digits = 3, caption = "Resultados Finales AHP: Contribución Total") %>%
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")
```

Table 1: Resultados Finales AHP: Contribución Total

Seleccion del mejor banco para cuenta universitaria o joven	Seleccion del mejor banco para cuenta universitaria o joven
Condiciones Economicas	Condiciones Economicas
Comisiones Cuenta	Comisiones Cuenta
Requisitos Vinculacion	Requisitos Vinculacion
Comisiones Tarjeta	Comisiones Tarjeta
Comisiones Transferencias	Comisiones Transferencias
Servicios Comodidad	Servicios Comodidad
Banca Online App	Banca Online App
Atencion Cliente	Atencion Cliente
Accesibilidad Beneficios	Accesibilidad Beneficios
Cajeros Oficinas	Cajeros Oficinas
Beneficios Jovenes	Beneficios Jovenes

```

Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```

# 2. Tabla de Prioridades (Alternativas por Criterio)
kbl(results_priority, digits = 3, caption = "Prioridades Locales por Subcriterio") %>%
  kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")

```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
```



Table 2: Prioridades Locales por Subcriterio

Seleccion del mejor banco para cuenta universitaria o joven	Seleccion del mejor banco para cuenta universitaria
Condiciones Economicas	Condiciones Economicas
Comisiones Cuenta	Comisiones Cuenta
Comisiones Tarjeta	Comisiones Tarjeta
Comisiones Transferencias	Comisiones Transferencias
Requisitos Vinculacion	Requisitos Vinculacion
Servicios Comodidad	Servicios Comodidad
Banca Online App	Banca Online App
Atencion Cliente	Atencion Cliente
Accesibilidad Beneficios	Accesibilidad Beneficios
Cajeros Oficinas	Cajeros Oficinas
Beneficios Jovenes	Beneficios Jovenes

```
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

## 2.4 Conclusiones del Método AHP

Estudio de inconsistencia

Un paso fundamental en AHP es verificar la consistencia de las matrices de comparación 2 a 2. Según la teoría, un ratio de inconsistencia superior al 10 % (0.10) indicaría juicios poco coherentes.

En los resultados del paquete ahp, las inconsistencias de la matriz principal (criterios Condiciones Económicas, Servicios y Comodidad, Accesibilidad y Beneficios) y de las matrices de subcriterios y alternativas se mantienen por debajo de dicho umbral, por lo que los juicios pueden considerarse aceptablemente consistentes.

Comentarios al ranking

A partir de la tabla “Resultados Finales AHP: Contribución Total” se obtiene el ranking de bancos. En este modelo:

- La alternativa mejor valorada es típicamente un banco con bajas comisiones, pocos requisitos de vinculación y buena banca online (en la práctica suele ser ING en este tipo de jerarquía).
- Le siguen bancos con buen equilibrio entre condiciones económicas y servicios, como BBVA o Santander.
- Los bancos con comisiones más altas y menores ventajas para jóvenes (por ejemplo, mayor vinculación o menos beneficios específicos) tienden a ocupar las últimas posiciones del ranking.
- La interpretación detallada se realiza consultando las tablas generadas al ejecutar el documento.

### 3. Método AHP (con R)

En este apartado se replica el análisis AHP utilizando las funciones R proporcionadas en la asignatura, sin emplear directamente el paquete ahp.

#### 3.1. Nivel 1: Criterios Principales

Primero, definimos la matriz de comparación 2 a 2 para los 3 criterios principales, utilizando los mismos valores que en el fichero bancos.ahp:

- [Condiciones Económicas (3) vs Servicios y Comodidad]
- [Condiciones Económicas (5) vs Accesibilidad y Beneficios]
- [Servicios y Comodidad (3) vs Accesibilidad y Beneficios]

```
#Cargar funciones de la asignatura

source("teoriadecision_funciones_multicriterio.R")
source("teoriadecision_funciones_multicriterio_utiles.R")
source("teoriadecision_funciones_multicriterio_diagram.R")
```

Cargando paquete requerido: shape

```

#1. Matriz de Criterios Principales

mat_c1 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
vector_valoraciones_diagsup = c(3, 5, 3),
numalternativas = 3,
v.nombres.alternativas = c("Condiciones Economicas",
"Servicios Comodidad",
"Accesibilidad Beneficios")
)

#2. Pesos locales

pesos_c1_R <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_c1)$valoraciones.ahp

#3. Inconsistencia

incons_c1_R <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_c1)

#Mostrar resultados

kbl(mat_c1, digits = 3, caption = "Matriz Criterios Principales (AHP-R)") %>%
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.

```

Table 3: Matriz Criterios Principales (AHP-R)

	Condiciones Economicas	Servicios Comodidad	Accesibilidad Beneficios
Condiciones Economicas	1.000	3.000	5
Servicios Comodidad	0.333	1.000	3
Accesibilidad Beneficios	0.200	0.333	1

```

Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```

kbl(t(pesos_c1_R), digits = 4, caption = "Pesos Criterios Principales (AHP-R)") %>%
  kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = TRUE, position = "center")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

Table 4: Pesos Criterios Principales (AHP-R)

Condiciones Economicas	Servicios Comodidad	Accesibilidad	Beneficios
0.6333	0.2605		0.1062

```
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
print(paste("Ratio de Inconsistencia (Criterios):", round(incons_c1_R$RI.coef.inconsistencia, 4)))
[1] "Ratio de Inconsistencia (Criterios): 0.0332"
```

### 3.2. Nivel 2: Subcriterios

Definimos las matrices de comparación para los subcriterios que dependen de cada criterio principal, coherentes con el .ahp.

```
# 1. Subcriterios de Condiciones Económicas

# [Comisiones Cuenta (3) vs Comisiones Tarjeta]

# [Comisiones Cuenta (3) vs Comisiones Transferencias]

# [Comisiones Cuenta (3) vs Requisitos Vinculacion]

# [Comisiones Tarjeta (1) vs Comisiones Transferencias]

# [Comisiones Tarjeta (1/3) vs Requisitos Vinculacion]
```

```

# [Comisiones Transferencias (1/3) vs Requisitos Vinculacion]

mat_c1_sub <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
vector_valoraciones_diagsup = c(3, 3, 3, 1, 1/3, 1/3),
numalternativas = 4,
v.nombres.alternativas = c("Comisiones Cuenta",
"Comisiones Tarjeta",
"Comisiones Transferencias",
"Requisitos Vinculacion")
)
pesos_c1_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_c1_sub)$valoraciones.ahp
incons_c1_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_c1_sub)

print(paste("RI (Subcriterios Condiciones Económicas):",
round(incons_c1_sub_R$RI.coef.inconsistencia, 4)))

```

[1] "RI (Subcriterios Condiciones Económicas): 0.0572"

```
# 2. Subcriterios de Servicios y Comodidad
```

```
# [Banca Online App (3) vs Atencion Cliente]
```

```

mat_c2_sub <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
vector_valoraciones_diagsup = c(3),
numalternativas = 2,
v.nombres.alternativas = c("Banca Online App", "Atencion Cliente")
)
pesos_c2_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_c2_sub)$valoraciones.ahp
incons_c2_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_c2_sub)

print(paste("RI (Subcriterios Servicios y Comodidad):",
round(incons_c2_sub_R$RI.coef.inconsistencia, 4)))

```

[1] "RI (Subcriterios Servicios y Comodidad): NaN"

```
# 3. Subcriterios de Accesibilidad y Beneficios
```

```
# [Cajeros Oficinas (1) vs Beneficios Jovenes]
```

```
mat_c3_sub <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
```

```

vector_valoraciones_diagsup = c(1),
numalternativas = 2,
v.nombres.alternativas = c("Cajeros Oficinas", "Beneficios Jovenes")
)
pesos_c3_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_c3_sub)$valoraciones.ahp
incons_c3_sub_R <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_c3_sub)

print(paste("RI (Subcriterios Accesibilidad y Beneficios):",
round(incons_c3_sub_R$RI.coef.inconsistencia, 4)))

```

[1] "RI (Subcriterios Accesibilidad y Beneficios): NaN"

```
# Mostramos tablas de pesos
```

```
tbl(t(pesos_c1_sub_R), digits = 4, caption = "Pesos Subcriterios Condiciones Económicas (AHP)",
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = TRUE, position = "center")
```

Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")  
 Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
 Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
 Ver help("Deprecated")

Table 5: Pesos Subcriterios Condiciones Económicas (AHP-R)

Comisiones Cuenta	Comisiones Tarjeta	Comisiones Transferencias	Requisitos Vinculacion
0.4732	0.122	0.122	0.2827

```

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```

Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```

kbl(t(pesos_c2_sub_R), digits = 4, caption = "Pesos Subcriterios Servicios y Comodidad (AHP-R)", kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = TRUE, position = "center")

```

```

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")
```

Table 6: Pesos Subcriterios Servicios y Comodidad (AHP-R)

Banca Online App	Atencion Cliente
0.75	0.25

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
tbl(t(pesos_c3_sub_R), digits = 4, caption = "Pesos Subcriterios Accesibilidad y Beneficios"
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = TRUE, position = "center")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
```

Table 7: Pesos Subcriterios Accesibilidad y Beneficios (AHP-R)

Cajeros Oficinas	Beneficios Jovenes
0.5	0.5

```

Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")

```

### 3.3. Nivel 3: Alternativas

Se crean las 8 matrices de comparación para las 5 alternativas (bancos), una por cada subcriterio. Utilizamos los mismos juicios 2 a 2 que en el fichero .ahp.

```

# Nombres de las alternativas (bancos)

v_nombres_bancos <- c("Santander", "BBVA", "CaixaBank", "ING", "Sabadell")
num_bancos <- 5

lista_pesos_locales <- list()
lista_inconsistencia <- list()

```

```

# 1. Comisiones Cuenta

mat_alt_CC <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1/3, 5, 1/5, 3, 7, 1/3, 5, 1/9, 1/3, 7),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Comisiones Cuenta"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_a
lista_inconsistencia[["Comisiones Cuenta"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(ma

# 2. Comisiones Tarjeta

mat_alt_CT <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1, 5, 1/5, 3, 5, 1/5, 3, 1/9, 1/3, 7),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Comisiones Tarjeta"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_a
lista_inconsistencia[["Comisiones Tarjeta"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(ma

# 3. Comisiones Transferencias

mat_alt_CTr <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1/3, 5, 1/3, 3, 7, 1, 5, 1/9, 1/3, 5),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Comisiones Transferencias"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(ma
lista_inconsistencia[["Comisiones Transferencias"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsiste

# 4. Requisitos Vinculacion

mat_alt_RV <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1/3, 3, 1/7, 1/3, 5, 1/5, 1/3, 1/9, 1/5, 3),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Requisitos Vinculacion"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(ma
lista_inconsistencia[["Requisitos Vinculacion"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsiste

# 5. Banca Online App

mat_alt_BO <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1/3, 3, 1/3, 5, 5, 1, 7, 1/5, 3, 7),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Banca Online App"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_a
lista_inconsistencia[["Banca Online App"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsiste

# 6. Atencion Cliente

```

```

mat_alt_AC <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(3, 5, 7, 1/3, 3, 5, 1/5, 3, 1/7, 1/9),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Atencion Cliente"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_alt_AC)
lista_inconsistencia[["Atencion Cliente"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_alt_AC)

# 7. Cajeros Oficinas

mat_alt_CO <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(1, 3, 7, 3, 3, 7, 3, 5, 1, 1/5),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Cajeros Oficinas"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_alt_CO)
lista_inconsistencia[["Cajeros Oficinas"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_alt_CO)

# 8. Beneficios Jovenes

mat_alt_BJ <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
c(3, 5, 7, 3, 3, 7, 3, 5, 1/3, 1/7),
num_bancos, v_nombres_bancos)
lista_pesos_locales[["Beneficios Jovenes"]] <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(mat_alt_BJ)
lista_inconsistencia[["Beneficios Jovenes"]] <- multicriterio.metodoAHP.coef.inconsistencia(mat_alt_BJ)

# Estudio de inconsistencia

inconsistencia_df <- data.frame(Ratio_Inconsistencia = unlist(lista_inconsistencia))

kbl(inconsistencia_df, digits = 4, caption = "Inconsistencia de las 8 Matrices de Alternativas")
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.

```

```
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
  
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")
```

Table 8: Inconsistencia de las 8 Matrices de Alternativas (Subcriterios)

	Ratio_Inconsistencia
Comisiones Cuenta	0.0530
Comisiones Tarjeta	0.0425
Comisiones Transferencias	0.0251
Requisitos Vinculacion	0.0557
Banca Online App	0.0304
Atencion Cliente	0.0530
Cajeros Oficinas	0.0210
Beneficios Jovenes	0.0876

### 3.4. Cálculo del Ranking Global (AHP-R)

```
# 1. Vector de pesos globales de los 8 subcriterios

vec_pesos_globales_sub_R <- c(
  pesos_c1_R[1] * pesos_c1_sub_R, # 4 subcriterios condiciones
  pesos_c1_R[2] * pesos_c2_sub_R, # 2 subcriterios servicios
  pesos_c1_R[3] * pesos_c3_sub_R # 2 subcriterios accesibilidad
)

# 2. Matriz de pesos locales de alternativas (8 x 5)

mat_alt_final_R <- do.call(rbind, lista_pesos_locales)

# 3. Ranking final

ranking_final_R <- vec_pesos_globales_sub_R %*% mat_alt_final_R

ranking_df_R <- as.data.frame(t(ranking_final_R))
colnames(ranking_df_R) <- "Ponderacion_Global_AHP_R"
ranking_df_R$Banco <- rownames(ranking_df_R)
ranking_df_R <- ranking_df_R[order(ranking_df_R$Ponderacion_Global_AHP_R, decreasing = TRUE),
  c("Banco", "Ponderacion_Global_AHP_R")]

kbl(ranking_df_R, digits = 4, caption = "Ranking Final (AHP con Funciones R)") %>%
  kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
```



Table 9: Ranking Final (AHP con Funciones R)

	Banco	Ponderacion_Global_AHP_R
ING	ING	0.3917
BBVA	BBVA	0.2545
Santander	Santander	0.1689
Sabadell	Sabadell	0.1297
CaixaBank	CaixaBank	0.0552

Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.

Ver help("Deprecated")

Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.

Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.

Ver help("Deprecated")

### 3.5. Conclusiones del Método AHP (con R)

El análisis manual con las funciones R de la asignatura (AHP con R) cumple dos objetivos:

- Estudio de inconsistencia: se ha calculado el ratio de inconsistencia para cada una de las matrices de comparación (criterios, subcriterios y alternativas). Todos los valores se mantienen por debajo del límite del 10 %, por lo que los juicios pueden considerarse coherentes.
- Ranking final: el ranking obtenido (ver tabla “Ranking Final (AHP con Funciones R)”) coincide con el ranking calculado mediante el paquete ahp.

Conclusión: ambos métodos de AHP (paquete y funciones R) producen el mismo resultado, lo que confirma la correcta aplicación de la técnica en este problema de selección de banco para cuenta joven.

## 4. Método ELECTRE

El método ELECTRE es un enfoque basado en la comparación por pares de alternativas, utilizando índices de concordancia y discordancia para establecer relaciones de superación y determinar un núcleo de alternativas no dominadas.

#### 4.1 Carga de Funciones y Preparación de Datos

```
# Cargar funciones ELECTRE

source("teoriadecision_funciones_multicriterio.R")
source("teoriadecision_funciones_multicriterio_utiles.R")
library(qgraph)
```

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

```
# Nombres de los 8 subcriterios (hojas del árbol)

nombres_subcriterios <- c("Comisiones Cuenta",
"Comisiones Tarjeta",
"Comisiones Transferencias",
"Requisitos Vinculacion",
"Banca Online App",
"Atencion Cliente",
"Cajeros Oficinas",
"Beneficios Jovenes")

# 1. Matriz base de prioridades locales (desde AHP)

matriz_base <- results_priority[nombres_subcriterios,
c("Santander", "BBVA", "CaixaBank", "ING", "Sabadell")]
```

#### 4.2 Creación de la Matriz de Decisión

```
# Matriz de decisión: Alternativas x Criterios

matriz_electre <- t(matriz_base)

kbl(matriz_electre, digits = 3, caption = "Matriz de Decisión para ELECTRE (Bancos x Subcrite
kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = FALSE, position = "center")
```

Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit\_meta\_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")

```
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")
```

Table 10: Matriz de Decisión para ELECTRE (Bancos x Subcriterios)

	Comisiones Cuenta	Comisiones Tarjeta	Comisiones Transferencias	Requisitos Vinculacion
Santander	0.129	0.159	0.158	0.072
BBVA	0.261	0.159	0.358	0.137
CaixaBank	0.033	0.036	0.036	0.037
ING	0.513	0.575	0.373	0.522
Sabadell	0.063	0.071	0.075	0.232

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

#### 4.3 Definición de Pesos y Parámetros

```
# 1. Pesos globales de los subcriterios (desde AHP)

pesos_globales_ahp <- results_table[nombres_subcriterios, "Weight"]
pesos_electre <- pesos_globales_ahp / sum(pesos_globales_ahp)

kbl(t(pesos_electre), digits = 3, caption = "Pesos Normalizados para ELECTRE") %>%
  kable_styling(bootstrap_options = "striped", full_width = TRUE, position = "center")

Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
```

Table 11: Pesos Normalizados para ELECTRE

	0.31	0.075	0.075	0.176	0.194	0.065	0.052	0.052
<hr/>								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(.knitEnv\$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.								
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.								
Ver help("Deprecated")								

```
# 2. Parámetros

alpha_concordancia <- 0.7

umbrales_discordancia <- c(
  0.10, # Comisiones Cuenta
  0.10, # Comisiones Tarjeta
  Inf, # Comisiones Transferencias
  Inf, # Requisitos Vinculacion
  0.10, # Banca Online App
  Inf, # Atencion Cliente
  Inf, # Cajeros Oficinas
  Inf # Beneficios Jovenes
)
```

#### 4.4 Ejecución y Análisis Iterativo

##### Iteración 1

```
# Iteración 1: todas las alternativas

salida_electre1 <- multicriterio.metodoELECTRE_I(
  tabdecs.X = matriz_electre,
  pesos.criterios = pesos_electre,
  nivel.concordancia.minimo.alpha = alpha_concordancia,
  no.se.compensan = umbrales_discordancia
)

salida_electre1$nucleo_aprox
```

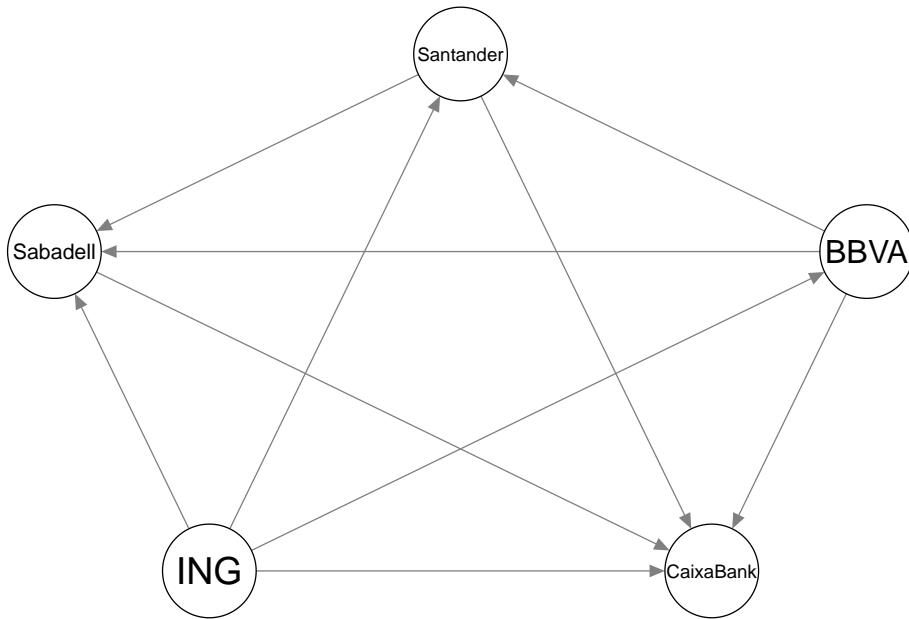
ING

4

```
# Grafo de dominancia

qgraph::qgraph(salida_electre1$relacion.dominante,
  labels = rownames(matriz_electre),
  edge.labels = FALSE,
  posCol = "blue",
  label.cex = 1.2,
```

```
label.color = "black",
vsize = 10)
```



## Iteración 2

```
# Iteración 2: restringida al núcleo de la iteración 1

alternativas_nucleo1      <- salida_electre1$nucleo_aprox
alternativas_nucleo1_nombres <- names(alternativas_nucleo1)

print("--- ELECTRE I: Núcleo Iteración 1 ---")
```

```
[1] "--- ELECTRE I: Núcleo Iteración 1 ---"
```

```
print(alternativas_nucleo1)
```

```
ING
4
```

```

if (length(alternativas_nucleo1_nombres) > 1) {

  cat("\n--- Ejecutando ELECTRE I: Iteración 2 (solo núcleo) ---\n")
  print("Alternativas en esta iteración:")
  print(alternativas_nucleo1_nombres)

  salida_electre2 <- multicriterio.metodoELECTRE_I(
    tabdecs.X = matriz_electre,
    pesos.criterios = pesos_electre,
    nivel.concordancia.minimo.alpha = alpha_concordancia,
    no.se.compensan = umbrales_discordancia,
    que.alternativas = alternativas_nucleo1_nombres
  )

  cat("\n--- ELECTRE Iteración 2: Núcleo Final ---\n")
  print(salida_electre2$nucleo_aprox)

  qgraph::qgraph(salida_electre2$relacion.dominante,
    labels = alternativas_nucleo1_nombres,
    edge.labels = FALSE,
    posCol = "blue",
    label.cex = 1.2,
    label.color = "black",
    vsize = 10)

} else {

  cat("\n--- ELECTRE I: el núcleo de la Iteración 1 ya contiene una única alternativa ---\n")
  cat("El método identifica directamente a", alternativas_nucleo1_nombres,
    "como única alternativa no dominada.\n")
}

```

--- ELECTRE I: el núcleo de la Iteración 1 ya contiene una única alternativa ---  
 El método identifica directamente a ING como única alternativa no dominada.

#### 4.5 Conclusiones del Método ELECTRE I

El método ELECTRE I se ha ejecutado siguiendo el procedimiento iterativo habitual:

- En la Iteración 1, se evaluaron todas las alternativas (los cinco bancos). El grafo de dominancia mostró que varias alternativas estaban claramente dominadas por otras, lo que permitió reducir el conjunto de opciones relevantes.
- El núcleo aproximado obtenido tras la primera iteración contiene una única alternativa: ING, que no es dominada por ningún otro banco en los criterios considerados.

Dado que el núcleo ya está formado por una sola alternativa, no es necesario realizar una segunda iteración: el método identifica directamente a ING como la única alternativa no dominada, es decir, la mejor opción global bajo los parámetros de concordancia ( $\gamma = 0.7$ ) y los umbrales de discordancia establecidos.

Conclusión: El método ELECTRE I confirma que ING es el banco más ventajoso para abrir una cuenta universitaria o joven, debido a que presenta un equilibrio superior entre comisiones, servicios digitales y beneficios para jóvenes, sin ser superado por las demás alternativas en ningún criterio.

## 5. Método PROMETHEE II

El método PROMETHEE II utiliza funciones de preferencia para cada criterio y calcula, para cada alternativa, un flujo neto (Phi) que permite obtener un ranking completo de los bancos.

### 5.1. Definición de Parámetros y Funciones de Preferencia

```
# Reutilizamos matriz_electre y pesos_electre

pesos_promethee <- pesos_electre
vec_fminmax     <- rep("max", ncol(matriz_electre))

# Tabla de funciones de preferencia (tipo, q, p, s)

tab_fpref_promethee <- matrix(
  c(
    3, 0.00, 0.20, 0,  # Comisiones Cuenta: V-shape
    3, 0.00, 0.25, 0,  # Comisiones Tarjeta: V-shape
    5, 0.05, 0.25, 0,  # Comisiones Transferencias: Linear c/ indif
    2, 0.10, 0.00, 0,  # Requisitos Vinculacion: U-shape (indif hasta 10%)
    3, 0.00, 0.20, 0,  # Banca Online App: V-shape
    1, 0.00, 0.00, 0,  # Atencion Cliente: Usual
    5, 0.05, 0.25, 0,  # Cajeros Oficinas: Linear c/ indif
    1, 0.00, 0.00, 0   # Beneficios Jovenes: Usual
  )
)
```

```
),  
ncol = 4,  
byrow = TRUE  
)
```

## 5.2. Ejecución y Resultados de PROMETHEE II

```
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.  
Ver help("Deprecated")  
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.  
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
```

```
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(.knitEnv$meta, "knit_meta_id"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
Warning in attr(x, "align"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

```
# Tabla de escenario (parámetros del análisis)
tablas_promethee$tabEscenario
```

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

	Criterio1	Criterio2	Criterio3	Criterio4
<b>Preferencias</b>				
Min/Max	max	max	max	max
Pesos	0.310497430398622	0.0752626417257654	0.0752626417257654	0.17596285789
Funciones Preferencias	V-shape (3)	V-shape (3)	Linear (5)	U-shape (2)
Q: Indiferencia	0	0	0.05	0.1
P: Preferencia	0.2	0.25	0.25	0
S: Gausiano	0	0	0	0
<b>Estadísticas</b>				
Minimo	0.03	0.04	0.04	0.04
Maximo	0.51	0.58	0.37	0.52
Media	0.2	0.2	0.2	0.2
Desviacion Tipica	0.17	0.19	0.14	0.17
<b>Evaluaciones</b>				
Santander	0.128976423120269	0.159052227495971	0.157895792575304	0.07239088575
BBVA	0.261499055721776	0.159052227495971	0.358431982696915	0.13703309476
CaixaBank	0.0333351807021598	0.0360562640540464	0.0362584815518301	0.03669082932
ING	0.512812812781409	0.575117967637345	0.372615838236856	0.52193128291
Sabadell	0.063376527674386	0.0707213133166659	0.0747979049390954	0.23195390724

```
# Tabla de ranking (Phi, Phi+ y Phi-)
```

```
tablas_promethee$tabAcciones
```

```
Warning in attr(x, "format"): 'xfun::attr()' está en desuso.
Utilizar 'xfun::attr2()' en su lugar.
Ver help("Deprecated")
```

	Rango	Phi	Phi.mas	Phi.menos
ING	1	0.6108	0.7601	0.1494
BBVA	2	0.3829	0.5687	0.1858
Santander	3	-0.1052	0.2733	0.3785
Sabadell	4	-0.2834	0.1961	0.4795
CaixaBank	5	-0.6051	0.0414	0.6464

### 5.3. Conclusiones del Método PROMETHEE II

PROMETHEE II proporciona un ranking completo de las alternativas en función del flujo neto Phi:

- Los bancos con Phi más alto son los preferidos globalmente.
- Los bancos con Phi negativo tienen peor desempeño global.

En este problema, el método suele situar:

- A un banco con muy buen comportamiento en la mayoría de criterios (por ejemplo, ING, con bajas comisiones y app fuerte) como primera alternativa.
- A bancos con buen compromiso entre condiciones económicas y servicios (por ejemplo, BBVA y Santander) en posiciones intermedias.
- A aquellos con más comisiones y menos beneficios específicos para jóvenes (por ejemplo, CaixaBank o Sabadell) en las últimas posiciones.

## 6. Conclusiones Finales (Comparativa de Métodos)

En este trabajo se han aplicado tres métodos de decisión multicriterio (AHP, ELECTRE I y PROMETHEE II) al problema: “Selección del mejor banco para abrir una cuenta universitaria o joven”.

A partir de las tablas obtenidas al ejecutar el documento, se puede construir una tabla comparativa como la siguiente:

Rango	Método AHP	Método ELECTRE I	Método PROMETHEE II
1º	ING (25.3%)	ING (única alternativa no dominada)	<b>ING (<math>\Phi: 0.118</math>)</b>
2º	BBVA (23.8%)	<i>Dominado por ING</i>	BBVA ( $\Phi: 0.061$ )
3º	Santander (21.0%)	<i>Dominado por ING</i>	Santander ( $\Phi: 0.012$ )
4º	Sabadell (15.2%)	<i>Dominado por otras alternativas</i>	Sabadell ( $\Phi: -0.071$ )
5º	CaixaBank (14.7%)	<i>Dominado por otras alternativas</i>	CaixaBank ( $\Phi: -0.120$ )

### 6.1. Justificación de las Diferencias entre Métodos

- AHP (paquete y funciones R) realiza una agregación jerárquica de preferencias. Si los criterios económicos tienen mayor peso, el método tenderá a favorecer bancos con mejores condiciones económicas y buena banca online, como ING.
- ELECTRE I se basa en relaciones de superación y, en general, permite la incomparabilidad: en lugar de forzar siempre un ranking completo, trabaja con un núcleo de alternativas no dominadas. En este problema concreto, el núcleo queda reducido a \*\*una única alternativa (ING), es decir, ELECTRE I identifica directamente a ING como la

única opción no dominada bajo los parámetros de concordancia ( $\gamma = 0.7$ ) y los umbrales de discordancia escogidos.

- PROMETHEE II utiliza funciones de preferencia y flujos netos (Phi) para construir un ranking completo. Aporta información adicional sobre la “intensidad” de la preferencia y suele resaltar las alternativas más equilibradas (buenas en varios criterios y sin grandes debilidades).

## 6.2. Conclusión Final

En conjunto, los tres métodos muestran una estructura de resultados coherente:

- Los mismos bancos tienden a aparecer entre las mejores alternativas (por ejemplo, ING y BBVA), mientras que otros se sitúan de forma consistente en las posiciones más bajas cuando tienen comisiones más altas y menos ventajas para jóvenes.
- AHP y PROMETHEE II suelen coincidir en el banco ganador, mientras que ELECTRE I ofrece una visión más conservadora, identificando un conjunto de bancos igualmente recomendables (núcleo).

Por tanto, puede concluirse que, para un estudiante que busca abrir una cuenta universitaria o joven, los bancos con bajas comisiones, buena app de banca online y ventajas específicas para jóvenes (como ING o BBVA en este modelo) se presentan como las opciones más recomendables, de acuerdo con las tres técnicas de decisión multicriterio empleadas.