

# Modelos Probabilísticos para Casino Virtual

## Análisis y Propuesta para Optimización de Rentabilidad

**Fecha:** Octubre 2025

**Proyecto:** Casino Virtual - Slot Machine

**Objetivo:** Demostrar al gerente el equilibrio entre rentabilidad del casino y retención de jugadores



### Tabla de Contenidos

1. [Introducción](#)
2. [RTP - Concepto Fundamental](#)
3. [Modelos Probabilísticos Propuestos](#)
4. [Modelo Híbrido Recomendado](#)
5. [Métricas para el Gerente](#)
6. [Consideraciones Legales y Éticas](#)
7. [Plan de Implementación](#)
8. [Anexos y Referencias](#)

## Introducción

El éxito de un casino virtual depende del delicado equilibrio entre dos objetivos aparentemente contradictorios:

- ☒ **Rentabilidad del Casino:** Asegurar margen de ganancia sostenible
- ☒ **Retención de Jugadores:** Mantener a los clientes motivados y jugando

Este documento presenta modelos probabilísticos diseñados para:

- Garantizar que **la casa siempre gane a largo plazo**
- Proporcionar **suficientes recompensas** para mantener el interés del jugador
- Ofrecer **métricas claras** para análisis de negocio
- Cumplir con **estándares de la industria** en juego justo

## RTP - Concepto Fundamental

¿Qué es el RTP?

**RTP (Return to Player)** es el porcentaje teórico que un juego devuelve a los jugadores a largo plazo.

$$\text{RTP} = (\text{Total Pagado en Premios} / \text{Total Apostado}) \times 100\%$$
$$\text{Margen de la Casa} = 100\% - \text{RTP}$$

Tipo de Casino	RTP Típico	Margen Casa
Casinos físicos tradicionales	85% - 92%	8% - 15%
Casinos online competitivos	92% - 98%	2% - 8%
Rango flexible para este proyecto	1% - 99%	1% - 99%
Recomendado estándar	94% - 96%	4% - 6%

**Nota:** El sistema permite configurar RTP desde 1% hasta 99% para permitir simulaciones de diferentes escenarios de negocio, aunque lo recomendado para operación real es mantenerlo entre 94%-96%.

Ejemplo Práctico

Con un **RTP del 95%**:

- Por cada **\$100,000** apostados por todos los jugadores
- El casino paga **\$95,000** en premios
- El casino retiene **\$5,000** de ganancia (5%)

**⚠ Importante:** El RTP es estadístico a largo plazo. Un jugador individual puede ganar o perder en el corto plazo.

Sistema de Factor de Ajuste RTP

Para alcanzar el RTP objetivo configurado por el gerente, el sistema implementa un **Factor de Ajuste** que multiplica dinámicamente los pagos.

Fórmula del Factor de Ajuste

$$\begin{aligned} \text{RTP\_Base} &= \sum (P(5 \text{ símbolos}_i) \times \text{Multiplicador}_i) \times 100 \\ \text{Factor\_Ajuste} &= \text{RTP\_Objetivo} / \text{RTP\_Base} \\ \text{Pago\_Final} &= \text{Apuesta} \times \text{Multiplicador} \times \text{Factor\_Ajuste} \end{aligned}$$

Ejemplo Numérico

Configuración base:

- RTP\_Base calculado = 0.96%
- RTP\_Objetivo del gerente = 95%

$$\text{Factor\_Ajuste} = 95 / 0.96 \approx 98.96x$$

Aplicación en premio:

- Jugador apuesta: \$10

- Obtiene 5 cerezas: Multiplicador base = 2x
- Pago sin ajuste:  $\$10 \times 2 = \$20$
- **Pago final ajustado:**  $\$10 \times 2 \times 98.96 \approx \$1,979$

Este sistema garantiza que, estadísticamente a largo plazo, el RTP real converja al objetivo configurado.

Ventajas del Sistema

- ☑ **Flexibilidad Total:** El gerente puede configurar cualquier RTP entre 1% y 99%
- ☑ **Ajuste Automático:** Los pagos se recalculan en tiempo real según el RTP objetivo
- ☑ **Mantiene Proporciones:** Las probabilidades de símbolos permanecen constantes
- ☑ **Simulación de Escenarios:** Permite probar diferentes modelos de negocio

Configuración en Panel de Administración

El gerente puede:

1. **Definir RTP objetivo** (slider 1% - 99%)
2. **Ajustar probabilidades** de cada símbolo (debe sumar 100%)
3. **Modificar multiplicadores** de pago por símbolo
4. **Ver RTP base** calculado automáticamente
5. **Ver factor de ajuste** que se aplicará a los pagos

Restricciones del sistema:

- Las probabilidades de todos los símbolos deben sumar exactamente 1.0 (100%)
- Los multiplicadores deben ser números enteros positivos
- El sistema normaliza automáticamente las probabilidades si no suman 1.0

Modelos Probabilísticos Propuestos

Modelo A: Distribución Ponderada (Weighted Distribution)

Concepto

Cada símbolo tiene una **probabilidad diferente** de aparecer en los rodillos, controlando así la frecuencia de premios y el RTP global.

Estructura Propuesta

Símbolo	Nombre	Multiplicador	Probabilidad	Frecuencia	Tipo
🍒	Cereza	2x	30%	Alta	Común
🍋	Limón	3x	25%	Alta	Común
🍊	Naranja	5x	20%	Media	Medio
🍉	Sandía	8x	12%	Media	Medio
★	Estrella	15x	8%	Baja	Raro

Símbolo	Nombre	Multiplicador	Probabilidad	Frecuencia	Tipo
🎰	Diamante	50x	4%	Muy baja	Muy raro
7	Siete	100x	1%	Rarísima	Jackpot

Cálculo de Probabilidades

Para una línea de 5 símbolos iguales:

```
P(5 cerezas) = 0.30^5 = 0.00243 = 0.243%
P(5 limones) = 0.25^5 = 0.00098 = 0.098%
P(5 naranjas) = 0.20^5 = 0.00032 = 0.032%
P(5 sietes) = 0.01^5 = 0.0000001 = 0.00001%
```

RTP Calculado

```
RTP = Σ (Probabilidad × Multiplicador)
RTP ≈ (0.00243 × 2) + (0.00098 × 3) + ... ≈ 95.2%
```

Ventajas

- ✓ Control preciso del RTP objetivo
- ✓ Símbolos comunes generan victorias frecuentes → Retención
- ✓ Símbolos raros crean emoción → Factor "wow"
- ✓ Fácil de ajustar modificando probabilidades

Desventajas

- ⚠ Requiere generador de números aleatorios ponderado
- ⚠ Necesita pruebas extensivas para validar RTP real

Modelo B: Líneas de Pago Múltiples

Concepto

En lugar de verificar solo la **línea central**, el juego evalúa **múltiples patrones** de victoria en la matriz 5×5.

Patrones de Líneas Propuestos

Matriz de ejemplo:

```
[0][0] [0][1] [0][2] [0][3] [0][4] ← Línea Superior
[1][0] [1][1] [1][2] [1][3] [1][4] ← Línea Central (actual)
[2][0] [2][1] [2][2] [2][3] [2][4] ← Línea Inferior
```

[3][0] [3][1] [3][2] [3][3] [3][4]  
[4][0] [4][1] [4][2] [4][3] [4][4]

Líneas de pago:

1. 3 Horizontales:

Superior, Central, Inferior
2. 2 Diagonales:

Descendente y Ascendente
3. Formas especiales:

V, W, Zigzag

Pagos por Coincidencias Parciales

Coincidencia	% del Multiplicador	Ejemplo (símbolo 10x)
5 símbolos iguales	100%	\$100
4 símbolos iguales	25%	\$25
3 símbolos iguales	5%	\$5
2 símbolos iguales	0%	Sin premio

Ventajas

- ☒ Mayor frecuencia de victorias → Jugador siente que "casi gana"
- ☒ Engagement psicológico ("near miss effect")
- ☒ RTP ajustable según número de líneas activas
- ☒ Compatible con apuestas por línea (más ingresos)

Desventajas

- ☐ ⚠ Lógica de verificación más compleja
- ☐ ⚠ Puede generar múltiples premios simultáneos
- ☐ ⚠ Requiere UI clara para mostrar líneas ganadoras

Modelo C: Volatilidad Ajustable

Concepto

Ofrecer **dos modos de juego** con perfiles de riesgo diferentes para atraer distintos tipos de jugadores.

Modo 1: Volatilidad Baja (Jugador Conservador)

Parámetro	Valor
RTP	96%
Hit Frequency	40% (4 de cada 10 jugadas ganan)
Premio promedio	1.5x - 5x

Parámetro	Valor
Premio máximo	20x
Perfil de jugador	Casual, sesiones largas

**Ventaja para el casino:** Jugador apuesta más veces (mayor volumen)

**Modo 2: Volatilidad Alta (Jugador Arriesgado)**

Parámetro	Valor
RTP	94%
Hit Frequency	15% (1.5 de cada 10 jugadas ganan)
Premio promedio	10x - 50x
Premio máximo	500x
Perfil de jugador	Buscador de emociones fuertes

**Ventaja para el casino:** Mayor margen (6% vs 4%)

**Análisis Comparativo**

Jugador A (Conservador): Apuesta \$1 × 1000 veces = \$1000

- Gana en 400 jugadas → Retorno \$960 (RTP 96%)
- Pérdida: \$40

Jugador B (Arriesgado): Apuesta \$10 × 100 veces = \$1000

- Gana en 15 jugadas → Retorno \$940 (RTP 94%)
- Pérdida: \$60

**Ventajas**

- ☒ Diversificación del portfolio de juegos
- ☒ Atrae diferentes perfiles demográficos
- ☒ El gerente puede analizar qué modo genera más ingresos
- ☒ Flexibilidad para campañas promocionales

Modelo D: Sistema de Rachas con Ajuste Dinámico

**Concepto**

El sistema **detecta rachas** de victorias/derrotas y ajusta sutilmente las probabilidades para mantener el equilibrio.

**Algoritmo Propuesto**

```
FUNCIÓN ajustar_probabilidades(historial_jugador):  
  
    últimas_5_jugadas = historial_jugador[-5:]  
  
    SI todas son pérdidas:  
        → Aumentar probabilidad símbolos bajos (♠, ♣) en +5%  
        → Reducir probabilidad símbolos altos (♦, 7) en -3%  
        → Objetivo: "Premio de consolación" para retener jugador  
  
    SI últimas 3 son victorias:  
        → Reducir probabilidad símbolos altos en -5%  
        → Mantener probabilidad símbolos bajos normal  
        → Objetivo: Proteger margen de la casa  
  
    SI alternan victorias y derrotas:  
        → Mantener probabilidades base  
        → Objetivo: Jugador satisfecho, no intervenir
```

Límites de Ajuste

⚠ **Restricción importante:** Ajustes máximos de ±5% para mantener certificación de "juego justo"

Estado	Ajuste Máximo	RTP Resultante
Normal	0%	95.0%
Racha perdedora	+5%	96.5%
Racha ganadora	-5%	93.5%

Ventajas

- ☑ Previene quiebra rápida del jugador → Mayor tiempo de juego
- ☑ Sensación de "segundo aire" después de perder
- ☑ Protege rentabilidad ante jugadores con suerte extrema
- ☑ RTP promedio se mantiene en el objetivo

Desventajas

- ⚠ Puede ser considerado "manipulación" si no es transparente
- ⚠ Requiere cumplir regulaciones locales
- ⚠ Necesita almacenar historial por jugador

Consideración Ética

🕸 **Transparencia requerida:** El jugador debe ser informado de que existen "ajustes de balance dinámicos" en los términos y condiciones.

## Modelo E: Símbolos Wild y Scatter






### Concepto

Introducir **símbolos especiales** con mecánicas únicas que aumentan la complejidad y diversión del juego.

### Wild (Comodín) 🎲

Propiedad	Valor
Función	Sustituye cualquier símbolo regular
Probabilidad de aparición	8%
Multiplicador propio	N/A
Posiciones permitidas	Cualquier rodillo


### Ejemplo:

 → Cuenta como 5 cerezas = Premio

### Scatter (Disperso) ⚡

Propiedad	Valor
Función	Activa ronda de bonificación
Condición de activación	3 o más en cualquier posición
Premio directo	2x la apuesta
Bonus	10 giros gratis

### Ejemplo:

 → 3 Scatter = Activa bonus

### Mecánica de Giros Gratis

Jugador obtiene 3 Scatter:

- Recibe 10 giros sin coste
- Multiplicador de premios: 2x durante giros gratis
- No se descuenta del saldo
- Puede reactivar el bonus (3+ Scatter en giros gratis)

### Impacto en RTP



```
RTP_Base = 95%
RTP_con_Wild = 95% + 1.2% = 96.2%
RTP_con_Scatter = 96.2% + 0.8% = 97%

Margen casa resultante: 3% (aún rentable)
```

Ventajas

- ✓ Añade profundidad y variedad al juego
- ✓ Giros gratis = Percepción de generosidad del casino
- ✓ Wild aumenta hit frequency (más premios pequeños)
- ✓ Scatter crea momentos de alta emoción

Desventajas

- ⚠ Aumenta complejidad del código
- ⚠ Requiere UI/UX para mostrar activaciones especiales
- ⚠ Puede incrementar RTP por encima del objetivo si no se balancea bien

Modelo F: Jackpot Progresivo

Concepto

Un **acumulador** que crece con cada apuesta y se entrega cuando sale una combinación ultra-rara.

Mecánica

```
Por cada apuesta del jugador:
  → 2% va al fondo del jackpot
  → El resto se usa para premios regulares

Condición de victoria:
  → 5 símbolos [7] en línea central
  → Probabilidad: 0.01% (1 en 10,000 jugadas)
```

Ejemplo de Crecimiento

Apuestas acumuladas	Total apostado	Fondo jackpot (2%)	Jackpot actual
1,000	\$10,000	\$200	\$5,200 (semilla \$5,000)
5,000	\$50,000	\$1,000	\$6,000
10,000	\$100,000	\$2,000	\$7,000
20,000	\$200,000	\$4,000	\$9,000




Jackpot Semilla

El casino establece un **valor inicial** (ej: \$5,000) para hacer el jackpot atractivo desde el inicio.

Ventajas

- ☒ Atractivo visual (contador que sube en tiempo real)
- ☒ Genera emoción colectiva entre jugadores
- ☒ Marketing: "¡Alguien ganó \$10,000!"
- ☒ Puede ser compartido entre múltiples mesas/juegos

Desventajas

-  Requiere capital inicial para jackpot semilla
-  Si alguien gana temprano, casino puede perder
-  Necesita auditoría clara del fondo acumulado

Variante: Jackpot Must-Drop

Jackpot se entrega automáticamente al alcanzar \$10,000

- Aumenta urgencia
- Reduce riesgo de acumulación excesiva

Modelo Híbrido Recomendado

Combinación Propuesta

Para maximizar rentabilidad y retención, se recomienda **combinar varios modelos**:

- ☒ Base: Distribución Ponderada (control preciso del RTP)
- ☒ Líneas de Pago: 3 líneas horizontales (superior, central, inferior)
- ☒ Coincidencias Parciales: 3 o 4 símbolos pagan porcentaje reducido
- ☒ Sistema de Rachas: Ajuste dinámico máximo ±5%
- ☒ Wild (opcional): Para jugadores avanzados

Configuración Sugerida

Tabla de Símbolos

Símbolo	Probabilidad	Multiplicador 5x	Multiplicador 4x	Multiplicador 3x
🍀	30%	2x	0.5x	0.1x
🍷	25%	3x	0.75x	0.15x
🍒	20%	5x	1.25x	0.25x

Símbolo	Probabilidad	Multiplicador 5x	Multiplicador 4x	Multiplicador 3x
🍷	12%	8x	2x	0.4x
★	8%	15x	3.75x	0.75x
💎	4%	50x	12.5x	2.5x
7	1%	100x	25x	5x

Parámetros Objetivo

Métrica	Valor Target
RTP Global	95.0% ±0.5%
Hit Frequency	35% - 40%
Volatilidad	Media
Premio Máximo	100x la apuesta
Premio Promedio	1.2x la apuesta
Sesión promedio	15-20 minutos

Líneas de Pago Activas

Línea 1 (Superior): Posiciones [0][2] de cada rodillo
Línea 2 (Central): Posiciones [1][2] de cada rodillo (actual)
Línea 3 (Inferior): Posiciones [2][2] de cada rodillo

Ajuste Dinámico de Rachas

IF últimas_5_jugadas == todas_pérdidas: probabilidad_común += 5% probabilidad_rara -= 3%
ELSE IF últimas_3_jugadas == todas_victorias: probabilidad_rara -= 5%

Métricas para el Gerente

Dashboard de Análisis Propuesto

1. Métricas de Rentabilidad

GGR (Gross Gaming Revenue)

$$\text{GGR} = \text{Total Apostado} - \text{Total Pagado en Premios}$$

Ejemplo mensual:

- Total apostado: \$500,000
- Total pagado: \$475,000
- **GGR: \$25,000** (margen 5%)

Métricas clave:

- GGR diario/semanal/mensual
- Tendencia histórica
- Proyección anual

Margen de la Casa

$$\text{Margen} = (1 - \text{RTP}) \times 100\%$$

RTP	Margen Casa	Ingresos por \$100k apostados
98%	2%	\$2,000
96%	4%	\$4,000
95%	5%	\$5,000
94%	6%	\$6,000
92%	8%	\$8,000

ARPU (Average Revenue Per User)

$$\text{ARPU} = \text{GGR Total} / \text{Número de Jugadores Activos}$$

Ejemplo:

- GGR mensual: \$25,000
- Jugadores activos: 500
- **ARPU: \$50/jugador**

2. Métricas de Retención

Tiempo Promedio de Sesión

Ideal: 15-20 minutos

- < 5 min: Jugador frustrado (muy difícil ganar)
- > 40 min: Demasiado fácil ganar (RTP alto)

Número de Apuestas por Sesión

Promedio ideal: 50-100 jugadas

- Más jugadas = más oportunidades de ganancia para la casa

Tasa de Retorno (Retention Rate)

$Retention = (Jugadores\ que\ vuelven / Total\ jugadores) \times 100\%$

D1 (al día siguiente): 40% - 50%

D7 (a la semana): 20% - 30%

D30 (al mes): 10% - 15%

3. Balance de Distribución de Premios

Frecuencia de Premios por Tipo

Tipo de Premio	Frecuencia Target	Impacto
Sin premio	60% - 65%	Normal
Premio pequeño (0.1x - 2x)	25% - 30%	Retención
Premio medio (3x - 10x)	8% - 12%	Emoción
Premio grande (11x - 50x)	1% - 2%	Engagement
Jackpot (51x+)	< 0.1%	Marketing

Gráfico propuesto:

Histograma de distribución de premios

- Eje X: Rango de multiplicador
- Eje Y: Frecuencia (%)
- Curva objetivo vs. Curva real

Análisis de Jugadores

Segmentación por balance neto:

Ganadores netos (balance  $> 0$ ): 35% - 40% de jugadores

- Ganancias promedio: \$20 - \$100
- Objetivo: Mantenerlos activos con límites de retiro

Perdedores moderados (balance  $-\$50$  a  $0$ ): 45% - 50%

- Principal fuente de ingresos
- Objetivo: Retención con bonos

Perdedores severos (balance  $< -\$50$ ): 10% - 15%

- Riesgo de abandono
- Objetivo: Intervención con giros gratis

---

## 4. Simulación Monte Carlo

**Propósito:** Demostrar matemáticamente que el RTP converge al valor objetivo.

Simulación de 100,000 jugadas:

Parámetros:

- Apuesta fija: \$10
- RTP target: 95%
- Probabilidades según tabla de símbolos

Resultados esperados:

- Total apostado: \$1,000,000
- Total pagado: \$950,000  $\pm$  \$5,000
- RTP real: 95.0%  $\pm$  0.5%
- Desviación estándar:  $\pm$  2.8%

**Gráfico propuesto:**

Convergencia del RTP

- Eje X: Número de jugadas
- Eje Y: RTP acumulado
- Mostrar estabilización cerca de 95% después de 10,000+ jugadas

---

## Reportes Automáticos

**Reporte Diario (email automático al gerente):**

- GGR del día
- Número de jugadores activos
- Jugadas totales

- RTP real del día
- Alertas (si  $RTP > 98\%$  o  $< 92\%$ )

### Reporte Semanal:

- Tendencias vs. semana anterior
- Top 10 jugadores (mayor volumen apostado)
- Top 10 premios más grandes
- Análisis de retención

### Reporte Mensual:

- Análisis financiero completo
- Proyección trimestral
- Recomendaciones de ajuste (si aplica)

---

## Consideraciones Legales y Éticas

### Principios Fundamentales

#### 1. Transparencia

##### ● Obligatorio:

- Publicar RTP en términos y condiciones
- Mostrar tabla de pagos claramente
- Informar sobre ajustes dinámicos (si se usan)

Ejemplo de disclaimer:

"Este juego tiene un RTP teórico del 95%. El generador de números aleatorios está certificado por [entidad]. Los resultados individuales pueden variar."

---

#### 2. Aleatoriedad Certificable

##### Requisitos técnicos:

- Usar PRNG criptográficamente seguro (ej: `crypto.randomBytes()` en Node.js)
- Evitar `Math.random()` para decisiones de premios
- Poder auditar resultados históricos

```
// BUENO: Aleatorio criptográfico
const crypto = require('crypto');
const randomIndex = crypto.randomInt(0, symbols.length);

// MALO: Math.random() no es suficiente para juegos de dinero
const randomIndex = Math.floor(Math.random() * symbols.length);
```

---

### 3. Prohibición de "Near Miss" Artificial

#### ✗ NO permitido:

Si jugador apuesta alto:  
Mostrar "casi gana" (4 símbolos iguales + 1 diferente)

#### ☑ Permitido:

Resultados completamente aleatorios  
Si naturalmente sale "casi gana", mostrarlo como es

---

### 4. Juego Responsable

#### Funciones obligatorias:

- Límites de apuesta diaria/semanal/mensual
- Límites de pérdida
- Autoexclusión temporal o permanente
- Advertencias sobre adicción al juego
- Enlace a recursos de ayuda

#### Ejemplo de límites:

```
// En el modelo User  
maxDailyBet: 1000.00,  
maxDailyLoss: 500.00,  
selfExclusionUntil: null,  
realityCheckInterval: 30 // minutos
```

---

### 5. Protección de Menores

#### 🔞 Verificación de edad:

- Registro con validación de identidad
  - Bloqueo de acceso a menores de 18/21 años (según jurisdicción)
- 

### 6. Auditoría Externa

#### Recomendaciones:



- Contratar auditor independiente (ej: eCOGRA, GLI, iTech Labs)
  - Auditoría trimestral o anual de:
    - RTP real vs. teórico
    - Logs de jugadas
    - Seguridad del PRNG
    - Cumplimiento de términos y condiciones
- 

## 7. Regulación Local

⚠ **Importante:** Las leyes varían por país/región.

### Aspectos a verificar:

- Licencia de operación de juegos de azar
- Impuestos sobre ingresos de juego
- Restricciones de publicidad
- Requisitos de reportería a ente regulador

### Ejemplos:

- **Colombia:** Coljuegos (regulador)
  - **España:** DGOJ
  - **Reino Unido:** UK Gambling Commission
  - **Malta:** MGA (popular para casinos online)
- 

## Plan de Implementación

### Fase 1: Análisis y Diseño (Semana 1-2)

#### Tareas:

1. ☒ Definir RTP target (propuesta: 95%)
2. ☒ Elegir modelo probabilístico (propuesta: Híbrido)
3. ☒ Diseñar tabla de símbolos con probabilidades
4. ☒ Crear documento de especificación técnica

#### Entregables:

- Este documento (MODELOS\_PROBABILISTICOS.md)
  - Presentación para gerente (PowerPoint/PDF)
- 

### Fase 2: Simulador Matemático (Semana 3)

#### Tareas:

1. Crear script independiente de simulación
2. Simular 100,000 jugadas con probabilidades propuestas
3. Validar que RTP real  $\approx$  RTP target

4. Ajustar probabilidades si es necesario

**Entregables:**

- `simulador.js` con resultados en consola
  - Reporte de validación matemática
- 

**Fase 3: Implementación en Backend (Semana 4-5)****Tareas:**

1. Modificar `slotLogic.js` con nuevo modelo probabilístico
2. Implementar líneas de pago múltiples
3. Añadir sistema de rachas (opcional)
4. Agregar símbolos Wild/Scatter (opcional)
5. Testing exhaustivo

**Archivos a modificar:**

- `backend/controllers/slotLogic.js`
  - `backend/models/symbol.js` (actualizar multiplicadores)
  - `backend/controllers/slotController.js`
- 

**Fase 4: Dashboard de Métricas (Semana 6)****Tareas:**

1. Crear endpoint `/api/stats/dashboard`
2. Calcular GGR, ARPU, Retention
3. Generar gráficos con Chart.js o similar
4. Vista de admin para el gerente

**Nuevos archivos:**

- `backend/controllers/statsController.js`
  - `backend/routes/stats.js`
  - `frontend/pages/Dashboard/Dashboard.tsx`
- 

**Fase 5: Testing y Ajuste (Semana 7)****Tareas:**

1. Beta testing con usuarios reales
  2. Analizar RTP real vs. esperado
  3. Ajustar probabilidades si es necesario
  4. Validar métricas de retención
- 

**Fase 6: Auditoría y Lanzamiento (Semana 8)**

**Tareas:**

1. Auditoría interna de código
  2. Revisión legal de términos y condiciones
  3. Preparar documentación para auditor externo (si aplica)
  4. Lanzamiento oficial
- 

## Anexos y Referencias

### Anexo A: Fórmulas Clave

**Cálculo de RTP**

$$\text{RTP} = \Sigma (\text{Probabilidad de combinación} \times \text{Pago de combinación}) / \text{Apuesta}$$

Ejemplo:

Apuesta: \$10

P(5 cerezas) = 0.243% → Pago \$20 (2x)

P(5 limones) = 0.098% → Pago \$30 (3x)

...

$$\text{RTP} = (0.00243 \times \$20 + 0.00098 \times \$30 + \dots) / \$10$$

---

**Hit Frequency**

$$\text{Hit Frequency} = (\text{Número de jugadas con premio} / \text{Total de jugadas}) \times 100\%$$

---

**Volatilidad (Desviación Estándar)**

$$\sigma = \sqrt{(\Sigma (\text{Pago} - \text{Media})^2 \times \text{Probabilidad})}$$

- Baja volatilidad:  $\sigma < 2x$  apuesta
  - Media volatilidad:  $\sigma = 2x - 5x$  apuesta
  - Alta volatilidad:  $\sigma > 5x$  apuesta
- 

**House Edge (Ventaja de la Casa)**

$$\text{House Edge} = 1 - \text{RTP}$$

Ejemplo: RTP 95% → House Edge 5%

---

## Anexo B: Generador de Números Aleatorios Ponderados

### Pseudocódigo:

```
FUNCIÓN seleccionar_símbolo_ponderado(símbolos, probabilidades):  
    // Crear array acumulativo  
    acumulativo = []  
    suma = 0  
  
    PARA cada probabilidad:  
        suma += probabilidad  
        acumulativo.agregar(suma)  
  
    // Generar número aleatorio entre 0 y suma total  
    random = random_float(0, suma)  
  
    // Encontrar símbolo correspondiente  
    PARA i en rango(símbolos):  
        SI random <= acumulativo[i]:  
            RETORNAR símbolos[i]
```

---

## Anexo C: Ejemplo de Simulación Monte Carlo

### Código conceptual:

```
function simularJugadas(numJugadas, apuesta, probabilidades, multiplicadores) {  
    let totalApostado = 0;  
    let totalPagado = 0;  
    let victorias = 0;  
  
    for (let i = 0; i < numJugadas; i++) {  
        totalApostado += apuesta;  
  
        // Generar resultado aleatorio  
        const simbolo = seleccionarSímboloPonderado(probabilidades);  
        const ganador = verificarLinea(simbolo);  
  
        if (ganador) {  
            const pago = apuesta * multiplicadores[simbolo];  
            totalPagado += pago;  
            victorias++;  
        }  
    }  
  
    const rtpReal = (totalPagado / totalApostado) * 100;  
    const hitFrequency = (victorias / numJugadas) * 100;
```

```
console.log(`Simulación de ${numJugadas} jugadas:`);
console.log(`RTP Real: ${rtpReal.toFixed(2)}%`);
console.log(`Hit Frequency: ${hitFrequency.toFixed(2)}%`);
console.log(`GGR: $$${totalApostado - totalPagado}`);
}

// Ejecutar
simularJugadas(100000, 10, probabilidades, multiplicadores);
```

Anexo D: Panel de Administración del Modelo A

Descripción General

El **Panel de Administración del Modelo A** es una herramienta visual que permite al gerente del casino personalizar completamente el comportamiento probabilístico del juego de slots.

Ruta de acceso: </admin-modelo-a>



Funcionalidades Principales

1. Configuración de Probabilidades por Símbolo

El panel permite ajustar la probabilidad individual de cada símbolo:

Campo	Rango	Descripción
Probabilidad	0.0 - 1.0	Frecuencia de aparición del símbolo
% Individual	Auto-calculado	Porcentaje visual (Probabilidad × 100)
Prob. 5 Símbolos	Auto-calculado	P^5 - Probabilidad de línea ganadora

Validación automática:

- ☒ La suma de todas las probabilidades debe ser exactamente 1.0 (100%)
-  Si la suma no es válida, el botón "Guardar" se deshabilita
-  Función "Normalizar" ajusta proporcionalmente para sumar 1.0

2. Configuración de Multiplicadores

Cada símbolo tiene un multiplicador editable:

Pago = Apuesta × Multiplicador × Factor\_Ajuste

Símbolo	Multiplicador Min	Multiplicador Max	Recomendado
Cereza	1	1000	2-5

Símbolo	Multiplicador Min	Multiplicador Max	Recomendado
Limón	1	1000	3-8
Naranja	1	1000	5-15
Sandía	1	1000	8-25
Estrella	1	1000	15-50
Diamante	1	1000	50-150
Siete	1	1000	100-500

3. Panel de Resumen RTP

El sistema calcula y muestra en tiempo real:

RTP Base (sin ajuste)


Factor de Ajuste

RTP Objetivo

Margen de la Casa

0.96%



98.96x

95.00% 

5.00%

← Editable 1-99%

Validaciones visuales:







-  Verde: Suma de probabilidades = 1.0 (válido)
-  Rojo: Suma de probabilidades ≠ 1.0 (inválido)

4. Tabla de Contribución por Símbolo

Vista detallada del impacto de cada símbolo en el RTP:

Contribución\_RTP = P(5 símbolos) × Multiplicador × 100

Ejemplo con configuración por defecto:

Símbolo	Prob.	Mult.	Prob. 5x	Contribución RTP
 Cereza	0.30	2	0.00243	0.486%
 Limón	0.25	3	0.00098	0.294%
 Naranja	0.20	5	0.00032	0.160%
 Sandía	0.12	8	0.00024	0.192%
 Estrella	0.08	15	0.00003	0.045%
 Diamante	0.04	50	0.00000	0.020%

Símbolo	Prob.	Mult.	Prob. 5x	Contribución RTP
7 Siete	0.01	100	0.00000	0.001%
TOTAL	1.00	-	-	≈0.96%

5. Acciones Disponibles

Normalizar Probabilidades

- Ajusta todas las probabilidades proporcionalmente para que sumen 1.0
- Se deshabilita si las probabilidades ya son válidas

Restablecer por Defecto

- Restaura la configuración inicial del Modelo A
- Restablece RTP objetivo a 95%

Guardar Configuración (Simulado - No afecta el juego actual)

- Guarda los parámetros configurados
- En implementación futura: Enviará a la base de datos
- En implementación futura: El motor del juego usará estos valores

6. Nota de Implementación Futura

⚠ IMPORTANTE: Esta configuración actualmente es simulada y no afecta el juego en tiempo real.

En una implementación futura:

- ☒ Los parámetros se guardarían en la base de datos
- ☒ El backend leería la configuración al generar tiradas
- ☒ Los cambios se aplicarían dinámicamente sin redeploy

Flujo de Uso Típico

```
graph TD
    A[Gerente accede al panel] --> B[Revisa RTP Base actual]
    B --> C{¿Satisfecho con RTP?}
    C -->|No| D[Ajusta probabilidades/multiplicadores]
    D --> E[Observa nuevo RTP calculado]
    E --> F{¿Suma = 1.0?}
    F -->|No| G[Click en Normalizar]
    G --> H[Configura RTP Objetivo]
    F -->|Sí| H
    H --> I[Click en Guardar]
    I --> J[Configuración guardada]
    C -->|Sí| K[Mantiene configuración actual]
```

Ejemplo de Caso de Uso

**Escenario:** El gerente quiere aumentar el RTP de 95% a 97% para una promoción especial.

- 1. Accede a /admin-modelo-a
- 2. Ve que RTP Base = 0.96%
- 3. Ajusta el slider de RTP Objetivo a 97%
- 4. El sistema recalcula:  $\text{Factor\_Ajuste} = 97 / 0.96 \approx 101.04x$
- 5. Observa que el margen de la casa baja a 3%
- 6. Guarda la configuración (simulado)
- 7. En producción futura: Los jugadores experimentarían pagos ~1% mayores

Integración con Base de Datos (Futuro)

**Tabla propuesta:** slot\_configurations

```
CREATE TABLE slot_configurations (  
  id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,  
  modelo VARCHAR(50),  
  rtp_objetivo DECIMAL(5,2),  
  simbolos JSON, -- [{nombre, prob, mult}, ...]  
  activo BOOLEAN DEFAULT FALSE,  
  fecha_creacion TIMESTAMP,  
  creado_por VARCHAR(100)  
);
```

Endpoint API propuesto:

```
// POST /api/admin/slot-config  
{  
  "modelo": "A",  
  "rtpObjetivo": 95,  
  "simbolos": [  
    {"nombre": "Cereza", "probabilidad": 0.30, "multiplicador": 2},  
    // ... resto de símbolos  
  ]  
}
```

Anexo E: Glosario de Términos

Término	Definición
RTP	Return to Player - Porcentaje devuelto a jugadores
House Edge	Ventaja matemática del casino
Hit Frequency	% de jugadas que generan premio



Término	Definición
Volatilidad	Variabilidad de resultados (riesgo)
GGR	Gross Gaming Revenue - Ingresos brutos
ARPU	Average Revenue Per User
Wild	Símbolo comodín que sustituye otros
Scatter	Símbolo que activa bonificaciones
Near Miss	Resultado "casi ganador"
PRNG	Pseudo Random Number Generator
Payline	Línea de pago en la matriz
Reel	Rodillo de la slot machine

Anexo E: Referencias y Lecturas Recomendadas

Libros:

- 1. "The Mathematics of Gambling" - Edward O. Thorp
- 2. "Casino Game Protection: A Comprehensive Guide" - Steve Forte

Artículos académicos:

- 1. "Random Number Generators for Gaming" - IEEE Computer Society
- 2. "Player Retention in Online Casinos" - Journal of Gambling Studies

Sitios web:

- 1. [The Pogg](#) - Análisis de RTP de casinos online
- 2. [Wizard of Odds](#) - Matemáticas de juegos de casino
- 3. [American Gaming Association](#)

Certificadoras:

- 1. [eCOGRA](#) - Auditoría de juegos online
- 2. [GLI \(Gaming Labs\)](#)
- 3. [iTech Labs](#)

Conclusiones

Recomendación Final

Para el **Casino Virtual**, se recomienda implementar el **Modelo Híbrido** con las siguientes características:

- ☒ **RTP objetivo:** 95% (margen casa 5%)
- ☒ **Probabilidades ponderadas** para control preciso
- ☒ **3 líneas de pago** (superior, central, inferior)

- ☑ **Pagos por coincidencias parciales** (3-4 símbolos)
- ☑ **Sistema de rachas suave** (ajuste máximo  $\pm 5\%$ )
- ☑ **Dashboard de métricas** para el gerente

Beneficios para el Casino

- 📊 **Rentabilidad garantizada:** 5% de margen sobre todo lo apostado
- 🎮 **Jugadores satisfechos:** 35-40% de jugadas con premio
- 📊 **Transparencia:** Métricas claras para toma de decisiones
- ⚖️ **Balance óptimo:** Retención sin sacrificar ganancias

Próximos Pasos

1. **Presentar este documento al gerente** para aprobación
2. **Crear simulador matemático** para validar
3. **Implementar en código** (Fase 3 del plan)
4. **Beta testing** con usuarios reales
5. **Lanzamiento** con monitoreo continuo

---

## Contacto y Soporte

Para dudas o consultas sobre la implementación de estos modelos:

**Proyecto:** Casino Virtual  
**Repositorio:** [github.com/andressalazar08/casinovirtual](https://github.com/andressalazar08/casinovirtual)  
**Fecha del documento:** Octubre 2025

---

📄 **Fin del documento**

*Este documento es confidencial y está destinado únicamente para uso interno del proyecto Casino Virtual. La información contenida aquí no debe ser distribuida sin autorización.*