

# Tarea #1 Cajero Automático

Danny Gutiérrez Campos

C33566

Sistemas Digitales II

13/09/2025

## 1. Resumen

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación en Verilog de un cajero automático digital, capaz de simular de forma básica las operaciones de autenticación mediante PIN, depósitos y retiros de dinero. Una característica distintiva del diseño es la incorporación de mecanismos de seguridad progresivos: advertencias tras intentos fallidos de ingreso de PIN, bloqueo permanente al superar el límite de intentos, y la verificación de fondos insuficientes antes de autorizar un retiro.

Se realizaron pruebas de simulación en Icarus Verilog y GTKWave, validando la correcta secuencia de estados ante diferentes escenarios: ingreso de PIN correcto, ingreso erróneo repetido, depósitos de distintos montos, retiros exitosos y retiros superiores al balance disponible. Entre los resultados más relevantes se comprobó que el sistema reacciona adecuadamente a condiciones de error, como el bloqueo tras tres intentos fallidos, y que los registros de balance se actualizan de forma consistente tras cada transacción.

Durante el desarrollo se identificaron algunos problemas relacionados con la asignación de entradas y registros, así como con la inicialización de valores tras un reinicio del sistema. Estos detalles fueron corregidos ajustando el manejo de señales y el comportamiento del reset. Para un diseño posterior se recomienda: (i) ampliar el manejo de múltiples cuentas o usuarios, (ii) incluir almacenamiento persistente del balance que no se pierda tras un reinicio, y (iii) mejorar la robustez del sistema frente a condiciones inesperadas, como entradas inválidas o interrupciones durante una transacción.

## 2. Descripción Arquitectónica

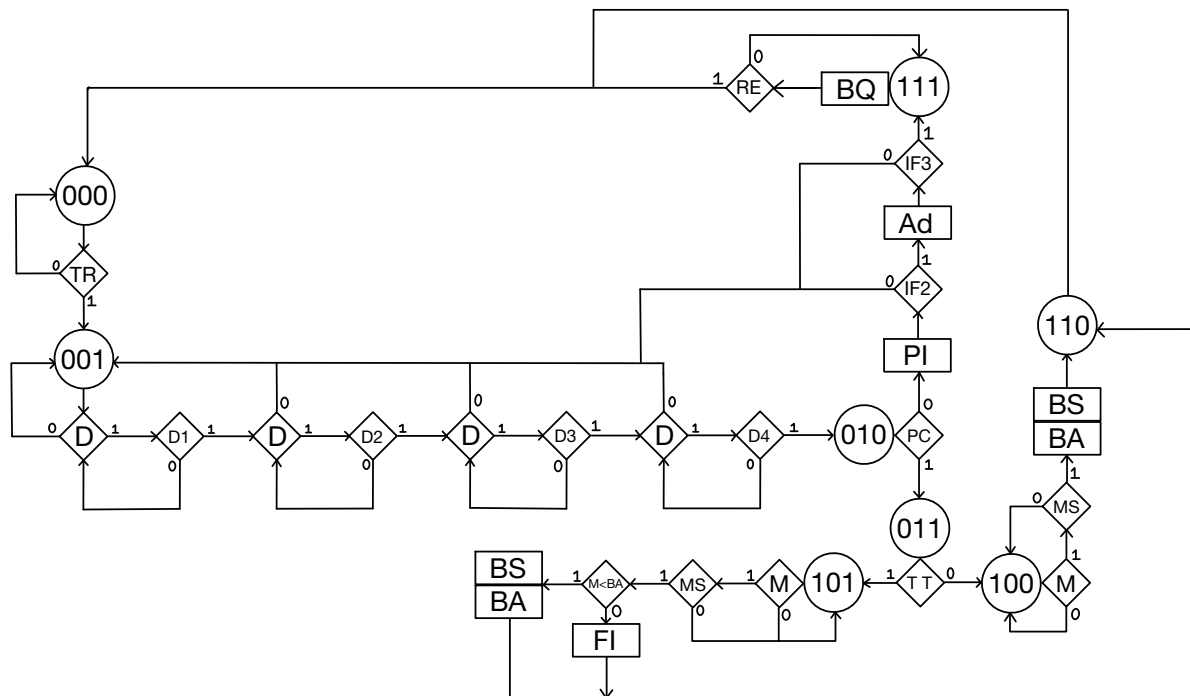


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema.

Con base en el diagrama de la figura 1, la lógica inicia en el estado (000 = ESPERANDO\_TARJETA). Cuando se activa la entrada (TR = TARJETA\_RECIBIDA), el sistema avanza al estado (001 = INGRESANDO\_PIN), donde la señal (D = DIGITO) representa el número introducido por el usuario. Si el dígito es ingresado correctamente, se activa la señal (D1 = DIGITO\_STB), que confirma que dicho valor fue capturado por el cajero. En caso de que (DIGITO\_STB) no se active, se interpreta como un error en la lectura, por lo que el sistema permanece en el estado (001 = INGRESANDO\_PIN). Esta secuencia se repite para cada uno de los cuatro dígitos requeridos. Las entradas (D) representan un dígito de los 4 en total a ingresar y las entradas (D1, D2, D3, D4) son la misma señal (DIGITO\_STB) solo que asociada a cada dígito ingresado. Esta lógica se usó para representar que cada vez que un dígito es ingresado se debe poner en alto la entrada (DIGITO\_STB), para efectos del código se toman (D1, D2, D3, D4) como una sola entrada. De esta forma, la lógica implementada garantiza que, cada vez que se introduce un dígito, la señal (DIGITO\_STB) debe activarse en alto.

Al completarse la activación de la última entrada de la secuencia (D4 = DIGITO\_STB), entonces se pasa al estado (010 = ANALIZANDO\_PIN), en donde el bloque denominado como (PC = PIN\_CORRECTO) compara el (PIN\_ACTUAL), que es la combinación de los 4 dígitos introducidos, con el valor de (PIN\_CORRECTO). Si ambos valores coinciden, el sistema transita al estado (011 = DETERMINAR\_TRANSACCIÓN). En caso contrario, se activa la salida (PI = PIN\_INCORRECTO) y se pasa al bloque (IF2), encargado de revisar la cantidad de intentos fallidos. Si el número de intentos es menor que 2, el sistema retorna al estado (001 = INGRESANDO\_PIN). Si, por el contrario, los intentos son 2 o más, se activa la salida (AD = ADVERTENCIA) y se continúa al bloque (IF3). En (IF3) se verifica si los intentos fallidos alcanzan el valor de 3. Si aún no se cumple esta condición, se regresa al estado (001 = INGRESANDO\_PIN). En caso de que los intentos fallidos sean exactamente 3, el sistema pasa al

estado (111 = BLOQUEO), activando la salida (BQ = BLOQUEADO). Finalmente, para poder reactivar el cajero tras un bloqueo, es necesario que la entrada (RE = RESET) se active en alto.

En el caso de que el PIN ingresado sea correcto, el sistema avanza al estado (011 = DETERMINAR\_TRANSACCIÓN), donde se selecciona el tipo de operación: (0) para depósito o (1) para retiro. Si se elige depósito, el sistema pasa al estado (100 = PROCESANDO\_DEPÓSITO). En este estado, al introducir el monto de dinero se activa la entrada (M = MONTO), y una vez que el sistema captura correctamente el valor, se activa (MS = MONTO\_STB). Como consecuencia, se actualiza el balance mediante las salidas (BA = BALANCE\_ACTUALIZADO) y (BS = BALANCE\_STB). Tras este proceso, el sistema finaliza la operación al entrar en el estado (110 = FIN). Por otro lado, si se selecciona retiro, se transita al estado (101 = PROCESANDO\_RETIRO). En este caso, se repite la lógica de (M = MONTO) y (MS = MONTO\_STB). Una vez que el monto ha sido capturado, el sistema evalúa si (M = MONTO) es menor o igual al balance disponible (BA = BALANCE\_ACTUALIZADO). Si la condición se cumple, se actualiza el balance activando (BA = BALANCE\_ACTUALIZADO) y (BS = BALANCE\_STB), para luego pasar al estado (110 = FIN). En caso contrario, si el monto solicitado excede el balance disponible, se activa la salida (FI = FONDOS\_INSUFICIENTES) y el sistema también concluye en el estado (110 = FIN).

### 3. Plan de Pruebas

A continuación se detallan las pruebas realizadas al diseño del cajero automático utilizando el banco de pruebas **Tester.v**. Cada prueba incluye el nombre, descripción y el resultado esperado, además de la parte del código asociada a su prueba.

#### 3.1. Prueba de Depósito Exitoso

**Descripción:** Esta prueba simula la operación completa de un depósito exitoso en el cajero automático. Primero se activa el sistema mediante la señal **RESET**, asegurando que el sistema esté listo para recibir entradas. Luego se simula la inserción de la tarjeta a través de la señal **TARJETA\_RECIBIDA**, que permanece activa el tiempo necesario para que el sistema registre la lectura de la tarjeta. A continuación, se ingresa el PIN correcto (3566) dígito por dígito, utilizando la señal **DIGITO** para el valor del dígito y **DIGITO\_STB** para indicar que el dígito ha sido ingresado y validado por el sistema. Una vez que el PIN es reconocido como válido, se selecciona el tipo de transacción mediante la señal **TIPO\_TRANS** (0 = Depósito) y se introduce el monto a depositar en **MONTO**. La señal **MONTO\_STB** se utiliza para indicar al sistema que el monto ha sido ingresado correctamente. Finalmente, se apagan las señales de validación, completando así la simulación de un depósito correcto.

##### **Funcionamiento esperado:**

- El sistema debe reconocer que la tarjeta ha sido insertada correctamente y registrar la lectura de la misma.
- Cada dígito del PIN debe ser capturado y validado en orden.
- Al ingresar el PIN correcto, el sistema permite seleccionar la transacción de depósito.
- El monto ingresado debe ser registrado correctamente en el sistema.
- No se deben producir errores de transacción, y el balance del cajero se debe actualizar correctamente sumando el monto ingresado a **BALANCE\_ACTUALIZADO**.

### 3.1.1. Código de prueba de depósito

```
1  //-----INICIO DE PRUEBA DE DEPOSITO EXITOSO-----
2      #8 RESET = 1;          // Se activa el sistema del cajero
3      #4 TARJETA_RECIBIDA = 1; // La tarjeta es insertada
4      #20 TARJETA_RECIBIDA = 0; // Finaliza la lectura de la tarjeta
5      #4 DIGITO = 4'b0011;    // Primer dígito del PIN ingresado
6      #1 DIGITO_STB = 1;      // Se marca que el dígito está disponible
7      #3 DIGITO_STB = 0;      // Se desmarca la señal de dígito recibido
8      #4 DIGITO = 4'b0101;    // Segundo dígito del PIN
9      #1 DIGITO_STB = 1;      // Confirmación de entrada del segundo dígito
10     #3 DIGITO_STB = 0;      // Señal de confirmación vuelve a cero
11     #4 DIGITO = 4'b0110;    // Tercer dígito del PIN
12     #1 DIGITO_STB = 1;      // Se valida la entrada del tercer dígito
13     #3 DIGITO_STB = 0;      // La validación se apaga
14     #4 DIGITO = 4'b0110;    // Cuarto dígito del PIN
15     #1 DIGITO_STB = 1;      // Se confirma la llegada del cuarto dígito
16     #3 DIGITO_STB = 0;      // Fin de la confirmación
17     #2 TIPO_TRANS = 0;      // Selección de tipo de transacción: Depósito
18     #4 MONTO = 32'd10000;    // Se introduce el monto: 10,000
19     #2 MONTO_STB = 1;        // El monto queda registrado
20     #4 MONTO_STB = 0;        // La señal de registro del monto se apaga
21  //-----FIN PRUEBA DE DEPOSITO EXITOSO-----
```

Listing 1: Prueba de Depósito Exitoso - Banco de Pruebas

### 3.2. Prueba de Retiro Exitoso

**Descripción:** En esta prueba se simula un retiro exitoso de fondos desde el cajero automático. Se verifican las señales de inserción de tarjeta, captura del PIN correcto, selección de tipo de transacción y registro del monto a retirar. Esta prueba asegura que el sistema procesa correctamente un retiro cuando se cumplen todas las condiciones de seguridad.

#### Funcionamiento esperado:

- Activar la señal TARJETA\_RECIBIDA para simular la inserción de la tarjeta.
- Ingresar correctamente los cuatro dígitos del PIN, marcando cada dígito con DIGITO\_STB para indicar que el valor ha sido registrado.
- Seleccionar el tipo de transacción TIPO\_TRANS = 1 para indicar un retiro.
- Introducir el monto de retiro con MONTO y activar MONTO\_STB para capturarlo.
- El sistema debe procesar la transacción y descontar correctamente el monto del BALANCE\_ACTUALIZADO, sin errores de registro.
- Se debe activar la salida de ENTREGAR\_DINERO.

### 3.2.1. Código de prueba de retiro exitoso

```
1  //-----INICIO DE PRUEBA DE RETIRO EXITOSO-----
2  #4 TARJETA_RECIBIDA = 1; // Señal de inserción de tarjeta -> activa
3  #20 TARJETA_RECIBIDA = 0; // Fin de la detección de tarjeta -> señal baja
4  #4 DIGITO = 4'b0011; // Entrada del primer dígito del PIN (valor binario 3)
5  #4 DIGITO_STB = 1; // Se confirma que el primer dígito está listo
6  #4 DIGITO_STB = 0; // Fin para el primer dígito
7  #4 DIGITO = 4'b0101; // Entrada del segundo dígito del PIN (valor binario
   ↪ 5)
8  #4 DIGITO_STB = 1; // Se confirma que el primer dígito está listo
9  #4 DIGITO_STB = 0; // Fin para el segundo dígito
10 #4 DIGITO = 4'b0110; // Entrada del tercer dígito del PIN (valor binario 6)
11 #4 DIGITO_STB = 1; // Se confirma que el tercer dígito está listo
12 #4 DIGITO_STB = 0; // Fin para el tercer dígito
13 #4 DIGITO = 4'b0110; // Entrada del cuarto dígito del PIN (valor binario 6)
14 #4 DIGITO_STB = 1; // Se confirma que el cuarto dígito está listo
15 #4 DIGITO_STB = 0; // Fin para el cuarto dígito
16 #4 TIPO_TRANS = 1; // Selección del tipo de transacción: Retiro (1)
17 #4 MONTO = 32'd7000; // Se coloca el monto de la transacción
18 #4 MONTO_STB = 1; // Monto capturado por el sistema
19 #4 MONTO_STB = 0; // Fin de la señal de captura de monto
20 //-----FIN PRUEBA DE RETIRO EXITOSO-----
```

Listing 2: Prueba de Retiro Exitoso - Banco de Pruebas

### 3.3. Prueba de Pin Incorrecto y Estado de Bloqueo

**Descripción:** Esta prueba simula la entrada de PINs incorrectos en el cajero automático para verificar cómo el sistema maneja intentos fallidos consecutivos. Primero se simula la inserción de la tarjeta mediante la señal `TARJETA_RECIBIDA`. A continuación, se ingresan secuencias de dígitos que no corresponden al PIN correcto (3566), utilizando la señal `DIGITO` para cada valor y `DIGITO_STB` para indicar la disponibilidad del dígito al sistema. La prueba cubre tres intentos de PIN incorrecto consecutivos: en el primer intento, el sistema activa la señal `PIN_INCORRECTO` al recibir el PIN 3561; en el segundo intento, `PIN_INCORRECTO` vuelve a bajo, pero se activa la señal de `ADVERTENCIA` para alertar sobre múltiples intentos fallidos al recibir el PIN 1111; y en el tercer intento, el sistema pasa al estado de `BLOQUEADO` al recibir el PIN 1534, evitando nuevas transacciones hasta que se realice un reinicio con `RESET = 0` y `RESET = 1`. Esta secuencia permite validar que el cajero gestiona correctamente la seguridad ante múltiples entradas incorrectas, activando las señales de advertencia y bloqueo según corresponda.

#### Funcionamiento esperado:

- Tras el primer PIN incorrecto, la señal `PIN_INCORRECTO` debe ir en alto para indicar un error.
- Al ocurrir el segundo PIN incorrecto consecutivo, `PIN_INCORRECTO` debe volver a bajo y la señal `ADVERTENCIA` debe ponerse en alto.
- Tras el tercer PIN incorrecto consecutivo, el sistema debe pasar al estado de `BLOQUEADO`, impidiendo cualquier nueva transacción.
- Cada dígito ingresado debe ser correctamente registrado por el sistema, aunque sea incorrecto, para contabilizar los intentos fallidos.
- No se deben permitir transacciones hasta que el sistema sea desbloqueado, garantizando la seguridad del cajero.

### 3.3.1. Código de prueba de bloqueo y desbloqueo exitoso

```
1 //-----PRUEBA DE PIN INCORRECTO-----
2 #4 TARJETA_RECIBIDA = 1; // Se recibe la tarjeta
3 #20 TARJETA_RECIBIDA = 0; // Se deja de recibir la tarjeta
4 #4 DIGITO = 4'b0011; // Se recibe el primer dígito
5 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
6 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
7 #4 DIGITO = 4'b0101; // Se recibe el segundo dígito
8 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
9 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
10 #4 DIGITO = 4'b0110; // Se recibe el tercer dígito
11 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
12 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
13 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el cuarto dígito
14 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
15 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
16 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el primer dígito
17 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
18 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
19 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el segundo dígito
20 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
21 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
22 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el tercer dígito
23 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
24 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
25 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el cuarto dígito
26 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
27 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
28 #4 DIGITO = 4'b0001; // Se recibe el primer dígito
29 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
30 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
31 #4 DIGITO = 4'b0101; // Se recibe el segundo dígito
32 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
33 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
34 #4 DIGITO = 4'b0011; // Se recibe el tercer dígito
35 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
36 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
37 #4 DIGITO = 4'b0100; // Se recibe el cuarto dígito
38 #4 DIGITO_STB = 1; // Se indica que el dígito fue recibido
39 #4 DIGITO_STB = 0; // Se deja de indicar que el dígito fue recibido
40 //-----FIN PRUEBA PIN INCORRECTO-----
41
42 //-----SALIR DEL ESTADO DE BLOQUEO -----
43 #20 RESET = 0; // Señal de reset activa en bajo (sistema en reinicio)
44 #8 RESET = 1; // Reset activado, el sistema comienza de nuevo
45 //-----FIN DE ACCION EN ESTADO DE BLOQUEO-----
```

Listing 3: Prueba de Bloqueo y Desbloqueo Exitoso - Banco de Pruebas

### 3.4. Prueba de Retiro Fallido

**Descripción:** En esta prueba se simula el proceso de un retiro de dinero en el cajero automático. Primero se inserta la tarjeta, lo cual es detectado mediante la señal `TARJETA_RECIBIDA`. Luego se ingresa un PIN válido compuesto por los dígitos **3-5-6-6**, cada uno confirmado por la señal `DIGITO_STB`. Después de validado el PIN, se selecciona el tipo de transacción colocando `TIPO_TRANS = 1`, que corresponde a la operación de retiro. Finalmente, se introduce el monto

de la transacción, en este caso **900000** colones, con su respectiva confirmación mediante la señal **MONTO\_STB**. El objetivo de la prueba es verificar cómo el sistema responde ante la solicitud de un retiro con un monto que no puede ser procesado.

#### Resultados esperados:

- El sistema detecta la inserción de tarjeta y pasa al estado de ingreso de PIN.
- El sistema recibe y valida los 4 dígitos del PIN (**3566**) de manera correcta.
- El sistema reconoce la selección de transacción como retiro (**TIPO\_TRANS = 1**).
- El monto ingresado (**900000**) es registrado, pero no puede ser procesado.
- El sistema activa la señal de **FONDOS\_INSUFICIENTES**.
- No se entrega el dinero.
- El cajero retorna al estado inicial.

#### 3.4.1. Código de prueba de retiro fallido

```

1  //-----INICIO DE PRUEBA DE RETIRO FALLIDO-----
2      #10  TARJETA_RECIBIDA = 1;    // Se detecta la inserción de tarjeta
3      #20  TARJETA_RECIBIDA = 0;    // Fin del pulso de tarjeta, vuelve a bajo
4      #4   DIGITO = 4'b0011;        // Primer dígito del PIN = 3
5      #4   DIGITO_STB = 1;          // Confirma la captura del primer dígito
6      #4   DIGITO_STB = 0;          // Fin de la confirmación
7      #4   DIGITO = 4'b0101;        // Segundo dígito del PIN = 5
8      #4   DIGITO_STB = 1;          // Pulso de validación del segundo dígito
9      #4   DIGITO_STB = 0;          // Termina el pulso
10     #4   DIGITO = 4'b0110;        // Tercer dígito del PIN = 6
11     #4   DIGITO_STB = 1;          // Confirmación de entrada del tercer dígito
12     #4   DIGITO_STB = 0;          // Señal baja, fin de validación
13     #4   DIGITO = 4'b0110;        // Cuarto dígito del PIN = 6
14     #4   DIGITO_STB = 1;          // Confirma el cuarto dígito
15     #4   DIGITO_STB = 0;          // Pulso de confirmación finalizado
16     #4   TIPO_TRANS = 1;          // Selección de transacción: 1 = Retiro
17     #4   MONTO = 32'd900000;      // Se asigna monto de la transacción = 900000
18     #4   MONTO_STB = 1;           // Confirma el registro del monto
19     #4   MONTO_STB = 0;           // Fin del pulso
20  //-----FIN PRUEBA DE RETIRO FALLIDO-----

```

Listing 4: Prueba de Retiro Fallido - Banco de Pruebas

## 4. Instrucciones de Utilización de la Simulación

Para la correcta utilización de la simulación, es importante organizar todos los archivos en un único directorio. Dicho directorio debe contener exclusivamente los siguientes archivos:

- **Cajero.v**
- **Testbench.v**
- **Tester.v**

## ■ Makefile

Una vez que se tienen estos archivos en el mismo directorio, no es necesario compilar de manera manual cada uno de ellos. Basta con ejecutar en la terminal el comando:

```
1 make
```

Este comando invoca al **Makefile**, el cual se encarga automáticamente de compilar todos los módulos y generar el archivo de simulación **sim.vvp**. Al finalizar el proceso, la simulación se ejecutará y se abrirá de manera inmediata la herramienta **GTKWave**, mostrando las señales definidas en el banco de pruebas y Testbench.

## 5. Resultados Obtenidos

### 5.1. Depósito

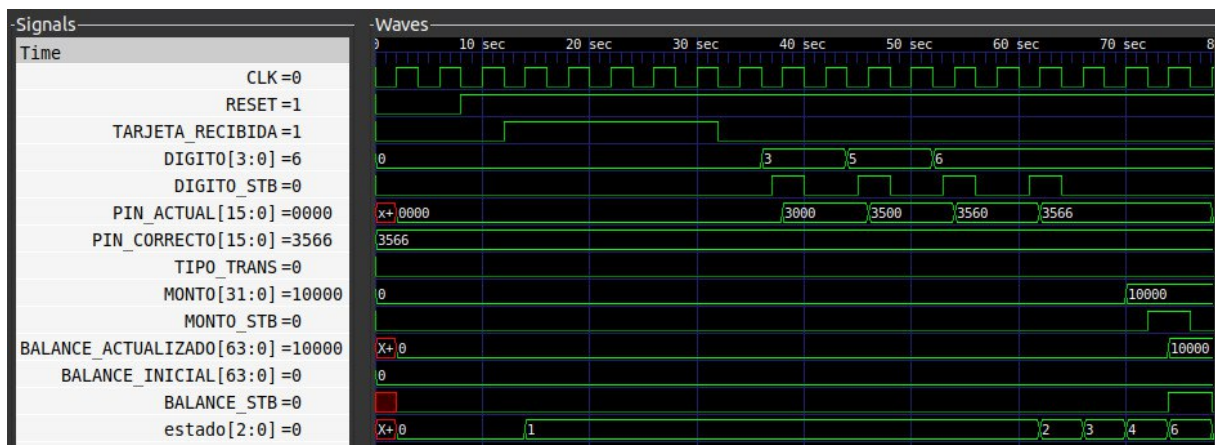


Figura 2: Resultado de Depósito

Como se observa en la figura 2, inicialmente se activa la señal de **TARJETA\_RECIBIDA**. Posteriormente, se ingresan los cuatro dígitos correspondientes al **PIN\_CORRECTO**. Dado que la señal **TIPO\_TRANS** permanece en bajo, el sistema entra en el estado de *procesar depósito*. En este caso, se selecciona un monto de 10 000 colones, lo que provoca la actualización de la salida **BALANCE\_ACTUALIZADO** con dicho valor. Durante la prueba se verificó que, por cada dígito introducido, se activa la señal **DIGITO\_STB**; de manera análoga, al registrar el monto se activa **MONTO\_STB**, y finalmente, al completarse exitosamente la operación de depósito, se activa la señal **BALANCE\_STB**.

### 5.2. Retiro



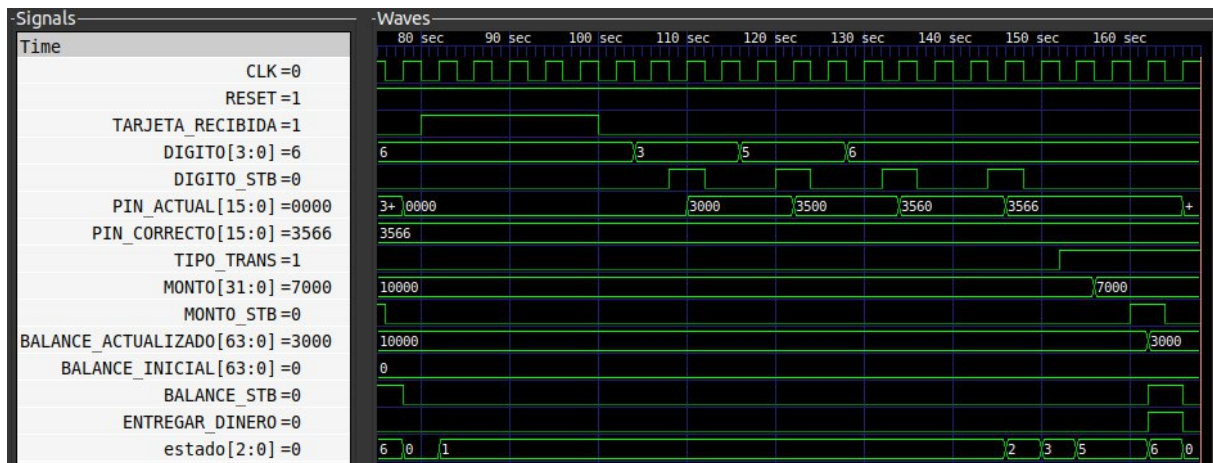


Figura 3: Resultado de Retiro

Como se observa en la figura 3, inicialmente se activa la señal de `TARJETA_RECIBIDA`. Posteriormente, se ingresan los cuatro dígitos correspondientes al `PIN_CORRECTO`. Dado que la señal `TIPO_TRANS` se activa, el sistema entra en el estado de *procesar retiro*. En este caso, se selecciona un monto de 7 000 colones, lo que provoca la actualización de la salida `BALANCE_ACTUALIZADO` con el valor de 3 000 colones, ya que se mantuvo el valor anterior del depósito de 10 000 colones menos el retiro actual de 7 000 colones. Durante la prueba se verificó que, por cada dígito introducido, se activa la señal `DIGITO_STB`; de manera análoga, al registrar el monto se activa `MONTO_STB`, y finalmente, al completarse exitosamente la operación de depósito, se activa la señal `BALANCE_STB` y `ENTREGAR_DINERO`, lo cual indica que se completó correctamente el depósito.

### 5.3. Bloqueo y salida de Bloqueo

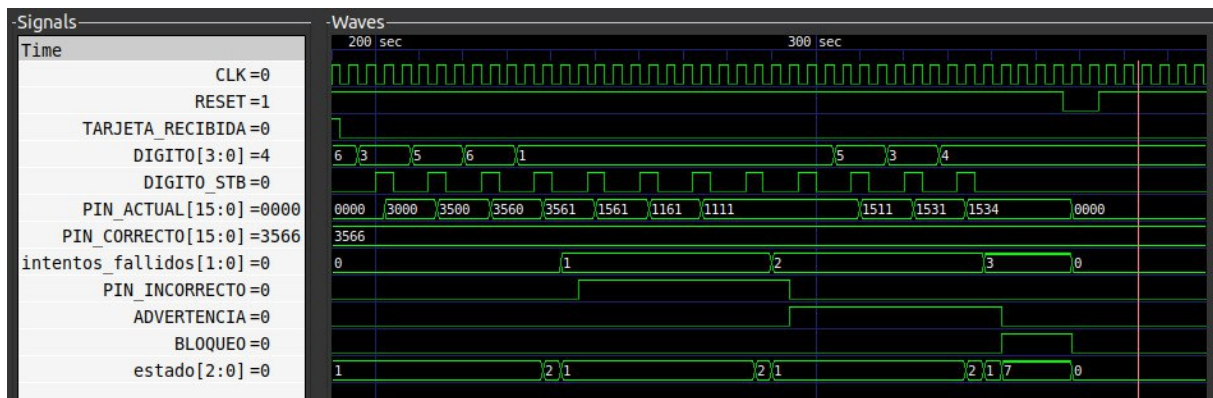


Figura 4: Resultado de Bloqueo y Desbloqueo

Como se observa en la figura 3, inicialmente se activa la señal de `TARJETA_RECIBIDA`. Posteriormente, se ingresa en 3 ocasiones un PIN incorrecto, primero el PIN 3561, con el cual se activa la señal de `PIN_INCORRECTO`, luego se digita el PIN 1111, con el cual se desactiva la señal `PIN_INCORRECTO` y se activa la señal de `ADVERTENCIA` y finalmente se digita el PIN 1534 con el cual se entra al estado de `BLOQUEO`. Nótese que en ese instante `RESET` pasa a 0 y luego a 1, con esta secuencia se sale del estado de bloqueo, ya que se reseteó el sistema. Durante la prueba se verificó que, por cada dígito introducido, se activa la señal `DIGITO_STB`; de manera análoga, el contador de `intentos_fallidos` se actualizó hasta 3 y luego pasó a cero al resetearse el sistema.

## 5.4. Fondos Insuficientes

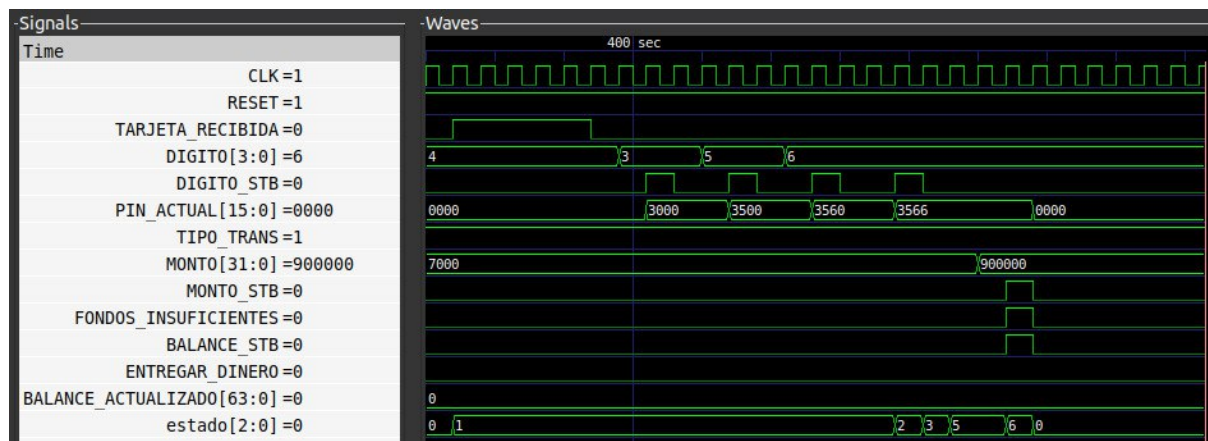


Figura 5: Resultado de Fondos Insuficientes

Como se observa en la figura 5, inicialmente se activa la señal de `TARJETA_RECIBIDA`. Posteriormente, se ingresan los cuatro dígitos correspondientes al `PIN_CORRECTO`. Dado que la señal `TIPO_TRANS` se activa, el sistema entra en el estado de *procesar retiro*. En este caso, se selecciona un monto de 900 000 colones, lo que provocó la activación de la salida `FONDOS_INSUFICIENTES`, ya que, al resetearse el cajero automático, el monto de `BALANCE_ACTUALIZADO` regresó a cero y el `BALANCE_INICIAL` también es cero; por ende, no es posible realizar un retiro. Durante la prueba se verificó que, por cada dígito introducido, se activa la señal `DIGITO_STB`; de manera análoga, al registrar el monto se activa `MONTO_STB`, y finalmente, al terminarse el proceso de la operación, se activa la señal `BALANCE_STB`.

## 6. Conclusiones

A partir de la implementación y simulación del proyecto, se concluye que el sistema diseñado cumple adecuadamente con las funciones básicas de un cajero automático, como la verificación del PIN, el manejo de depósitos y retiros, y la activación de señales de advertencia o bloqueo en caso de múltiples intentos fallidos. Sin embargo, se identificó una limitación importante: al salir del estado de bloqueo mediante la señal de reinicio (`RESET`), los registros que mantienen los estados monetarios de la cuenta vuelven a cero, lo cual no refleja un comportamiento realista. Como recomendación, se propone implementar en futuras versiones un mecanismo de almacenamiento que preserve el valor del balance incluso después de un reinicio, así como realizar pruebas adicionales bajo diferentes condiciones para garantizar la robustez del diseño.