

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO A NIVEL FÍSICO DEL
DECODIFICADOR REED-SOLOMON QUE UTILIZA EL
ALGORITMO EUCLIDIANO CON CAPACIDAD DE
BORRADO.**



**Juan David Guerrón Elvira
Edilberto Rivera Daza**

ANEXOS

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo de Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones-GNTT
Línea de Investigación Gestión Integrada de Redes, Servicios y
Arquitectura de Telecomunicaciones
Popayán, Febrero de 2013**

ANEXO A

A.1 DIVISIÓN BINARIA ENTRE POLINOMIOS.

Para entender la división binaria entre polinomios, se debe primero estudiar la forma como se resuelve la división entre polinomios y su estructura. Así, la expresión general para la división de polinomios convencional es como se muestra en la ecuación A.1.

$$\frac{F(X)}{P(X)} = Q(X) + \frac{r(X)}{P(X)} \quad (\text{A.1})$$

Donde $F(X)$ es el dividendo de la operación, $P(X)$ es divisor, $Q(X)$ se denomina cociente de la división y finalmente $r(X)$ es el residuo. Utilizando la notación americana para resolución de divisiones, la operación de la división se ordena como se muestra en la ecuación A.2.

$$\begin{array}{r} Q(X) + \frac{r(X)}{P(X)} \\ P(X) \overline{) F(X)} \end{array} \quad (\text{A.2})$$

Los pasos para realizar el procedimiento de la división entre polinomios se expresan a continuación:

- Expresar el dividendo $F(X)$ y el divisor $P(X)$ en orden descendente de las potencias de los términos de los polinomios.
- Dividir el primer término del dividendo $F(X)$ entre el primer término del divisor $P(X)$ y el resultado se coloca como primer término del cociente $Q(X)$.
- Se toma el primer término del cociente $Q(X)$ y se multiplica por el divisor $P(X)$, este resultado será restado al dividendo con el objetivo de simplificarlo y reducir el orden de este. Al resultado de esta resta se le suele conocer como residuo parcial.
- Luego de obtener el dividendo simplificado, se realiza todo el procedimiento anterior con el objetivo de hallar los términos siguientes del cociente $Q(X)$. Es decir este residuo parcial se divide entre el divisor $P(X)$. Este procedimiento se repite hasta que el residuo parcial sea igual a cero, o bien hasta que este sea un polinomio de menor grado que el divisor $P(X)$.

Se debe tener en cuenta que la diferencia entre la división convencional entre polinomios y la división binaria entre polinomios es claramente las operaciones de la aritmética binaria. Los coeficientes de los polinomios al ser unos y ceros, la suma y la resta se operan de la misma forma e incluso en algunas ocasiones cancelándose los coeficientes.

La siguiente división se efectúa a manera de ejemplo, dejado como ejercicio en el capítulo 1, para comprobar que el polinomio $p(X) = X^4 + X + 1$; cumple una de las condiciones para ser un polinomio generador del campo $GF(2^4)$.

$$\begin{array}{r}
 X^{11} + X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + X^2 + X + 1 \\
 X^4 + X + 1 \overline{) X^{15} + 0X^{14} + 0X^{13} + 0X^{12} + 0X^{11} + \dots + 1} \\
 \underline{X^{15} + X^{12} + X^{11}} \\
 0 \quad + X^{12} + X^{11} \\
 \underline{X^{12} \quad + X^9 + X^8} \\
 0 \quad + X^{11} \quad + X^9 + X^8 \\
 \underline{X^{11} \quad + X^8 + X^7} \\
 0 \quad + X^9 + 0 \quad + X^7 \\
 \underline{X^9 \quad + X^6 + X^5} \\
 0 \quad + X^7 + X^6 + X^5 \\
 \underline{X^7 \quad + X^4 + X^3} \\
 0 \quad + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 \\
 \underline{X^6 \quad + X^3 + X^2} \\
 0 \quad + X^5 + X^4 + 0 \quad + X^2 \\
 \underline{X^5 \quad + X^2 + X} \\
 0 \quad + X^4 \quad + X + 1 \\
 \underline{X^4 \quad + X + 1} \\
 0
 \end{array}$$

A.2 CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO $RS(15, 9)$

Una vez comprobado que el polinomio $p(X) = X^4 + X + 1$ es un polinomio primitivo se puede dar inicio a la conformación del campo de Galois con $m = 4$. A continuación se presenta uno de los métodos para encontrarlos, el cual consiste en realizar la operación mod como se ve en la ecuación A.3.

$$\alpha^i = X^i \text{ mod } p(X) \tag{A.3}$$

De manera que se presenta a continuación como sería el proceso para encontrar α^4

Sea $\alpha(X) = 0X^{n-1} + 0X^{n-2} + \dots + 1X + 0 = X$ entonces se realiza un proceso de multiplicaciones recursivas. Lo que se hace es tomar potencias sucesivas del elemento primitivo α hasta que se empiecen a repetir.

Sea $\alpha(X) = \alpha = X$, entonces:

$$\begin{aligned}\alpha &= X \\ \alpha^2 &= \alpha.\alpha = X.X = X^2 \\ \alpha^3 &= \alpha^2.\alpha = X^2.X = X^3\end{aligned}$$

Para el caso de α^4 se utiliza la función mod, es decir $\alpha^4 = \alpha.\alpha^3 = X.X^3 = X^4 \text{ mod } p(X)$, lo cual es equivalente a hacer $p(X) = 0$ y encontrar el equivalente de la 4-tupla para X^4 , de esta manera se obtiene que:

$$\begin{aligned}\alpha^4 + \alpha + 1 &= 0 \\ \alpha^4 &= -\alpha - 1 \\ \alpha^4 &= \alpha + 1\end{aligned}$$

En este orden de ideas se presentan a continuación los elementos de campo $GF(16)$ con sus respectivas equivalencias:

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha \\ \alpha^2 &= \alpha^2 \\ \alpha^3 &= \alpha^3 \\ \alpha^4 &= \alpha + 1 \\ \alpha^5 &= \alpha^4.\alpha = (\alpha + 1).\alpha = \alpha^2 + \alpha \\ \alpha^6 &= \alpha^5.\alpha = (\alpha^2 + \alpha).\alpha = \alpha^3 + \alpha^2 \\ \alpha^7 &= \alpha^4.\alpha^3 = (\alpha + 1).\alpha^3 = \alpha^4 + \alpha^3 \\ \alpha^8 &= \alpha^4.\alpha^4 = (\alpha + 1).(\alpha + 1) = \alpha^2 + \alpha + \alpha + 1 = \alpha^2 + 1 \\ \alpha^9 &= \alpha^8.\alpha = (\alpha^2 + 1).\alpha = \alpha^3 + \alpha \\ \alpha^{10} &= \alpha^9.\alpha = (\alpha^3 + \alpha).\alpha = \alpha^4 + \alpha^2 = (\alpha + 1) + \alpha^2 = \alpha^2 + \alpha + 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha^{11} &= \alpha^{10} \cdot \alpha = (\alpha^2 + \alpha + 1) \cdot \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha \\
\alpha^{12} &= \alpha^{11} \cdot \alpha = (\alpha^3 + \alpha^2 + \alpha) \cdot \alpha = \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 \\
\alpha^{13} &= \alpha^{12} \cdot \alpha = (\alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1) \cdot \alpha = (\alpha + 1) + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 \\
\alpha^{14} &= \alpha^{13} \cdot \alpha = (\alpha^3 + \alpha^2 + 1) \cdot \alpha = (\alpha + 1) + \alpha^3 + \alpha = \alpha^3 + 1 \\
\alpha^{15} &= \alpha^{14} \cdot \alpha = (\alpha^3 + 1) \cdot \alpha = (\alpha + 1) + \alpha = 1 \\
\alpha^{16} &= \alpha^{15} \cdot \alpha = 1 \cdot \alpha = \alpha \\
\alpha^{17} &= \alpha^{16} \cdot \alpha = \alpha \cdot \alpha = \alpha^2
\end{aligned}$$

A.3 CONSTRUCCIÓN DE TABLAS DE ADICIÓN Y MULTIPLICACIÓN

A.3.1 TABLA DE ADICIÓN

Existen dos métodos equivalentes en los Campos de Galois $GF(2^m)$ para realizar adiciones. Uno de ellos utiliza la representación vectorial y consiste en realizar sumas entre las respectivas coordenadas de cada sumando. Este proceso se realiza utilizando la función XOR u operaciones de módulo 2. Por ejemplo $\alpha^8 XOR \alpha^5 = [0101] XOR [0110] = [0011] = \alpha^4$.

El segundo método requiere el uso de la representación polinomial, teniendo en cuenta que:

Sumas para el elemento α^i con $i = 0, 1, 2, \dots, 14$. Para $GF(16)$ con un $p(X) = X^4 + X + 1$.

Suma para el elemento 1:

$$\begin{aligned}
&\alpha + 1 \\
\alpha^2 + 1 &= \alpha^8 \\
\alpha^3 + 1 &= \alpha^{14} \\
\alpha^4 + 1 &= \alpha + 1 + 1 = \alpha \\
\alpha^5 + 1 &= \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10} \\
\alpha^6 + 1 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^{13} \\
\alpha^7 + 1 &= \alpha^4 + \alpha^3 + 1 = (\alpha + 1) + \alpha^3 + 1 = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha^8 + 1 &= (\alpha^2 + 1) + 1 = \alpha^2 \\
\alpha^9 + 1 &= \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^7 \\
\alpha^{10} + 1 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + 1 = \alpha^2 + \alpha = \alpha^5 \\
\alpha^{11} + 1 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{12} \\
\alpha^{12} + 1 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11} \\
\alpha^{13} + 1 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^6 \\
\alpha^{14} + 1 &= \alpha^3 + 1 + 1 = \alpha^3
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α :

$$\begin{aligned}
\alpha + \alpha &= 0 \\
\alpha^2 + \alpha &= \alpha^5 \\
\alpha^3 + \alpha &= \alpha^9 \\
\alpha^4 + \alpha &= \alpha + 1 + \alpha = 1 \\
\alpha^5 + \alpha &= \alpha^2 + \alpha + \alpha = \alpha^2 \\
\alpha^6 + \alpha &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11} \\
\alpha^7 + \alpha &= \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha = (\alpha + 1) + \alpha^3 + \alpha = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14} \\
\alpha^8 + \alpha &= \alpha^2 + 1 + \alpha = \alpha^{10} \\
\alpha^9 + \alpha &= \alpha^3 + \alpha + \alpha = \alpha^3 \\
\alpha^{10} + \alpha &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha = \alpha^2 + 1 = \alpha^8 \\
\alpha^{11} + \alpha &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha = \alpha^6 \\
\alpha^{12} + \alpha &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^{13} \\
\alpha^{13} + \alpha &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha = \alpha^{12} \\
\alpha^{14} + \alpha &= \alpha^3 + 1 + \alpha = \alpha^7
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α^2 :

$$\begin{aligned}
\alpha^2 + \alpha^2 &= 0 \\
\alpha^3 + \alpha^2 &= \alpha^6 \\
\alpha^4 + \alpha^2 &= (\alpha + 1) + \alpha^2 = \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha^5 + \alpha^2 &= \alpha^2 + \alpha + \alpha^2 = \alpha \\
\alpha^6 + \alpha^2 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha^2 = \alpha^3 \\
\alpha^7 + \alpha^2 &= \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha^2 = (\alpha + 1) + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{12} \\
\alpha^8 + \alpha^2 &= \alpha^2 + 1 + \alpha^2 = 1 \\
\alpha^9 + \alpha^2 &= \alpha^3 + \alpha + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11} \\
\alpha^{10} + \alpha^2 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 = \alpha^4 \\
\alpha^{11} + \alpha^2 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9 \\
\alpha^{12} + \alpha^2 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^7 \\
\alpha^{13} + \alpha^2 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^2 = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14} \\
\alpha^{14} + \alpha^2 &= \alpha^3 + 1 + \alpha^2 = \alpha^{13}
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α^3 :

$$\begin{aligned}
\alpha^3 + \alpha^3 &= 0 \\
\alpha^4 + \alpha^3 &= (\alpha + 1) + \alpha^3 = \alpha^7 \\
\alpha^5 + \alpha^3 &= \alpha^2 + \alpha + \alpha^3 = \alpha^{11} \\
\alpha^6 + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha^3 = \alpha^2 \\
\alpha^7 + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha + 1 + \alpha^3 = \alpha + 1 = \alpha^4 \\
\alpha^8 + \alpha^3 &= \alpha^2 + 1 + \alpha^3 = \alpha^{13} \\
\alpha^9 + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha + \alpha^3 = \alpha \\
\alpha^{10} + \alpha^3 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 = \alpha^{12} \\
\alpha^{11} + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^3 = \alpha^2 + \alpha = \alpha^5 \\
\alpha^{12} + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 = \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10} \\
\alpha^{13} + \alpha^3 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 = \alpha^2 + 1 = \alpha^8 \\
\alpha^{14} + \alpha^3 &= 1
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α^4 :

$$\begin{aligned}
\alpha^4 + \alpha^4 &= 0 \\
\alpha^5 + \alpha^4 &= \alpha^2 + \alpha + \alpha^4 = \alpha^2 + \alpha + \alpha + 1 = \alpha^2 + 1 = \alpha^8 \\
\alpha^6 + \alpha^4 &= \alpha^2 + \alpha^3 + \alpha^4 = \alpha^2 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^{12}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha^7 + \alpha^4 &= \alpha^3 + \alpha + 1 + \alpha^4 = \alpha^3 + \alpha + 1 + \alpha + 1 = \alpha^3 \\
\alpha^8 + \alpha^4 &= \alpha^2 + 1 + \alpha^4 = \alpha^2 + 1 + \alpha + 1 = \alpha^2 + \alpha = \alpha^5 \\
\alpha^9 + \alpha^4 &= \alpha^3 + \alpha + \alpha^4 = \alpha^3 + \alpha + \alpha + 1 = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14} \\
\alpha^{10} + \alpha^4 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^4 = \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha + 1 = \alpha^2 \\
\alpha^{11} + \alpha^4 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^4 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^{13} \\
\alpha^{12} + \alpha^4 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^4 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^6 \\
\alpha^{13} + \alpha^4 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^4 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11} \\
\alpha^{14} + \alpha^4 &= \alpha^3 + 1 + \alpha^4 = \alpha^3 + 1 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α^5 :

$$\begin{aligned}
\alpha^5 + \alpha^5 &= 0 \\
\alpha^6 + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9 \\
\alpha^7 + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha + 1 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^{13} \\
\alpha^8 + \alpha^5 &= \alpha^2 + 1 + \alpha^2 + \alpha = \alpha + 1 = \alpha^4 \\
\alpha^9 + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^6 \\
\alpha^{10} + \alpha^5 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 + \alpha = 1 \\
\alpha^{11} + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 \\
\alpha^{12} + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14} \\
\alpha^{13} + \alpha^5 &= \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^7 \\
\alpha^{14} + \alpha^5 &= \alpha^3 + 1 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{12}
\end{aligned}$$

Suma para el elemento α^6 :

$$\begin{aligned}
\alpha^6 + \alpha^6 &= 0 \\
\alpha^7 + \alpha^6 &= \alpha^3 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10} \\
\alpha^8 + \alpha^6 &= \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14} \\
\alpha^9 + \alpha^6 &= \alpha^3 + \alpha + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^2 + \alpha = \alpha^5 \\
\alpha^{10} + \alpha^6 &= \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^7 \\
\alpha^{11} + \alpha^6 &= \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha
\end{aligned}$$

$$\alpha^{12} + \alpha^6 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^4$$

$$\alpha^{13} + \alpha^6 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = 1$$

$$\alpha^{14} + \alpha^6 = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^8$$

Suma para el elemento α^7 :

$$\alpha^7 + \alpha^7 = 0$$

$$\alpha^8 + \alpha^7 = \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11}$$

$$\alpha^9 + \alpha^7 = \alpha^3 + \alpha + \alpha^3 + \alpha + 1 = 1$$

$$\alpha^{10} + \alpha^7 = \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha^6$$

$$\alpha^{11} + \alpha^7 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^2 + 1 = \alpha^8$$

$$\alpha^{12} + \alpha^7 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^2$$

$$\alpha^{13} + \alpha^7 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^2 + \alpha = \alpha^5$$

$$\alpha^{14} + \alpha^7 = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha$$

Suma para el elemento α^8 :

$$\alpha^8 + \alpha^8 = 0$$

$$\alpha^9 + \alpha^8 = \alpha^3 + \alpha + \alpha^2 + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{12}$$

$$\alpha^{10} + \alpha^8 = \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 + 1 = \alpha$$

$$\alpha^{11} + \alpha^8 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^2 + 1 = \alpha^3 + \alpha + 1 = \alpha^7$$

$$\alpha^{12} + \alpha^8 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 + 1 = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9$$

$$\alpha^{13} + \alpha^8 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^2 + 1 = \alpha^3$$

$$\alpha^{14} + \alpha^8 = \alpha^3 + 1 + \alpha^2 + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 = \alpha$$

Suma para el elemento α^9 :

$$\alpha^9 + \alpha^9 = 0$$

$$\alpha^{10} + \alpha^9 = \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^{13}$$

$$\alpha^{11} + \alpha^9 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^3 + \alpha = \alpha^2$$

$$\alpha^{12} + \alpha^9 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha = \alpha^2 + 1 = \alpha^8$$

$$\alpha^{13} + \alpha^9 = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha = \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10}$$

$$\alpha^{14} + \alpha^9 = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha = \alpha + 1 = \alpha^4$$

Suma para el elemento α^{10} :

$$\alpha^{10} + \alpha^{10} = 0$$

$$\alpha^{11} + \alpha^{10} = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^3 + 1 = \alpha^{14}$$

$$\alpha^{12} + \alpha^{10} = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^3$$

$$\alpha^{13} + \alpha^{10} = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha = \alpha^9$$

$$\alpha^{14} + \alpha^{10} = \alpha^3 + 1 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^{11}$$

Suma para el elemento α^{11} :

$$\alpha^{11} + \alpha^{11} = 0$$

$$\alpha^{12} + \alpha^{11} = \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = 1$$

$$\alpha^{13} + \alpha^{11} = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha + 1 = \alpha^4$$

$$\alpha^{14} + \alpha^{11} = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha = \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^{10}$$

Suma para el elemento α^{12} :

$$\alpha^{12} + \alpha^{12} = 0$$

$$\alpha^{13} + \alpha^{12} = \alpha^3 + \alpha^2 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha$$

$$\alpha^{14} + \alpha^{12} = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + \alpha + 1 = \alpha^5$$

Suma para el elemento α^{13} :

$$\alpha^{13} + \alpha^{13} = 0$$

$$\alpha^{14} + \alpha^{13} = \alpha^3 + 1 + \alpha^3 + \alpha^2 + 1 = \alpha^2$$

$$\alpha^{14} + \alpha^{14} = 0$$

A.3.2 TABLA DE MULTIPLICACIÓN

El proceso de la multiplicación de los elementos de un campo $GF(2^m)$, se realiza de igual forma que en una multiplicación de potencias de igual base, siendo el elemento primitivo α la base. De esta manera se coloca la base y se suman sus exponentes. Cuando el resultado de la multiplicación es un elemento mayor que α^{2^m-2} , siendo este el límite superior, la equivalencia se halla utilizando la ecuación $\alpha^i \cdot \alpha^j = \alpha^{(i+j) \bmod p(X)}$, con $i = 1, 2, \dots, n-1$ y $j = 1, 2, \dots, n-1$ de forma similar con $\alpha^{17 \bmod 2^m-1}$. Para una mayor claridad, a continuación se ilustran tres ejemplos en un campo $GF(16)$.

$$\alpha^{10} \cdot \alpha^4 = \alpha^{14}$$

$$\alpha^{10} \cdot \alpha^7 = \alpha^{17} \bmod p(X)$$

$$\begin{array}{r}
 \alpha^{13} + \alpha^{10} + \alpha^9 + \alpha^7 + \alpha^5 + \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha^2 \\
 \alpha^4 + \alpha + 1 \overline{) \alpha^{17}} \\
 \underline{\alpha^{17} + \alpha^{14} + \alpha^{13}} \\
 0 \quad + \alpha^{14} + \alpha^{13} \\
 \quad \underline{\alpha^{14} \quad + \alpha^{11} + \alpha^{10}} \\
 \quad 0 + \alpha^{13} + \alpha^{11} + \alpha^{10} \\
 \quad \quad \underline{\alpha^{13} \quad + \alpha^{10} + \alpha^9} \\
 \quad \quad 0 + \alpha^{11} + 0 + \alpha^9 \\
 \quad \quad \quad \underline{\alpha^{11} \quad + \alpha^8 + \alpha^7} \\
 \quad \quad \quad 0 \quad + \alpha^9 + \alpha^8 + \alpha^7 \\
 \quad \quad \quad \quad \underline{\alpha^9 \quad + \alpha^6 + \alpha^5} \\
 \quad \quad \quad \quad 0 + \alpha^8 + \alpha^7 + \alpha^6 + \alpha^5 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \underline{\alpha^8 \quad + \alpha^5 + \alpha^4} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 0 + \alpha^7 + \alpha^6 + 0 + \alpha^4 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \underline{\alpha^7 \quad + \alpha^4 + \alpha^3} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0 + \alpha^6 \quad + 0 + \alpha^3 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \underline{\alpha^6 \quad + \alpha^3 + \alpha^2} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \alpha^2
 \end{array}$$

Ya que $m = 4$ entonces:

$$15 \overline{)17} \frac{1}{2}$$

Por tanto $\alpha^{17 \bmod 15} = \alpha^2$.

De manera que $\alpha^{10} \cdot \alpha^7 = \alpha^2$.

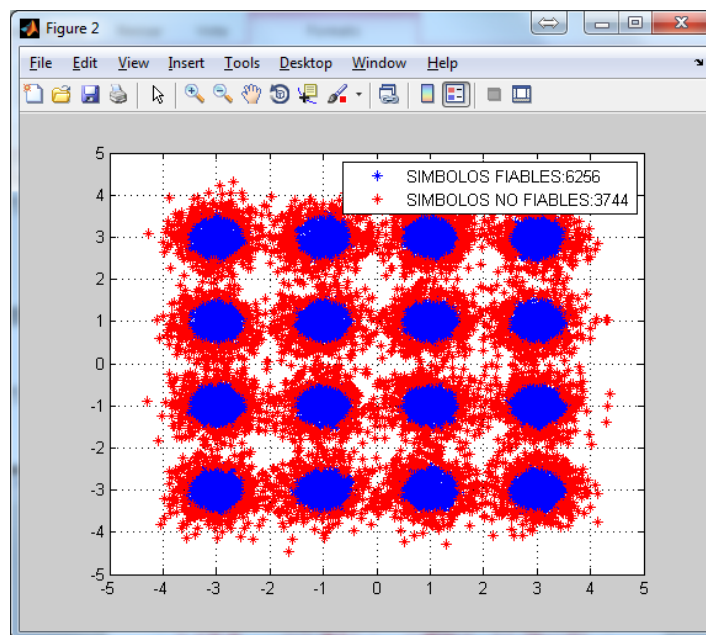
APÉNDICE A. MANUAL DE USUARIO INTERFAZ SIMULACIÓN

En el este anexo se presenta las interfaces de simulación VALIDADOR_MER y VALIDADOR MODELO DECODIFICADOR REED SOLOMON CON BORRADURA implementados en la herramienta de software MATLAB® 2010b, los cuales son utilizados para validar el correcto funcionamiento de los bloques por separado, para una mayor comprensión del criterio de decisión de borraduras y el proceso de decodificación RS Solomon con capacidad de borrado. Este anexo se encuentra dividido en dos partes referentes a los dos validadores.

A.1 MANUAL DE USUARIO INTERFAZ DE SIMULACION VALIDADOR_MER

La interfaz de simulación VALIDADOR_MER es una herramienta que permite manipular, entender y evaluar el criterio de decisión utilizado para definir cuando un símbolo elemento de un campo de Galios $GF(2^m)$ es tomado como un símbolo de borradura. Esta interfaz permite manipula la zona de incertidumbre en la que se encuentran los símbolos, de manera que aumenta o reduce la zona de decisión para los símbolos tomados como símbolos de borradura. Estos resultados son visualizados por medio de una figura en la que se presenta un diagrama de constelación que muestra los símbolos fiables de color azul y los símbolos no fiables de color rojo. En la figura A.1 se presenta un diagrama de constelación resultado de simular una configuración del VALIDADOR_MER específica.

Figura A.1 Constelación para 16-QAM con SNR=15dB

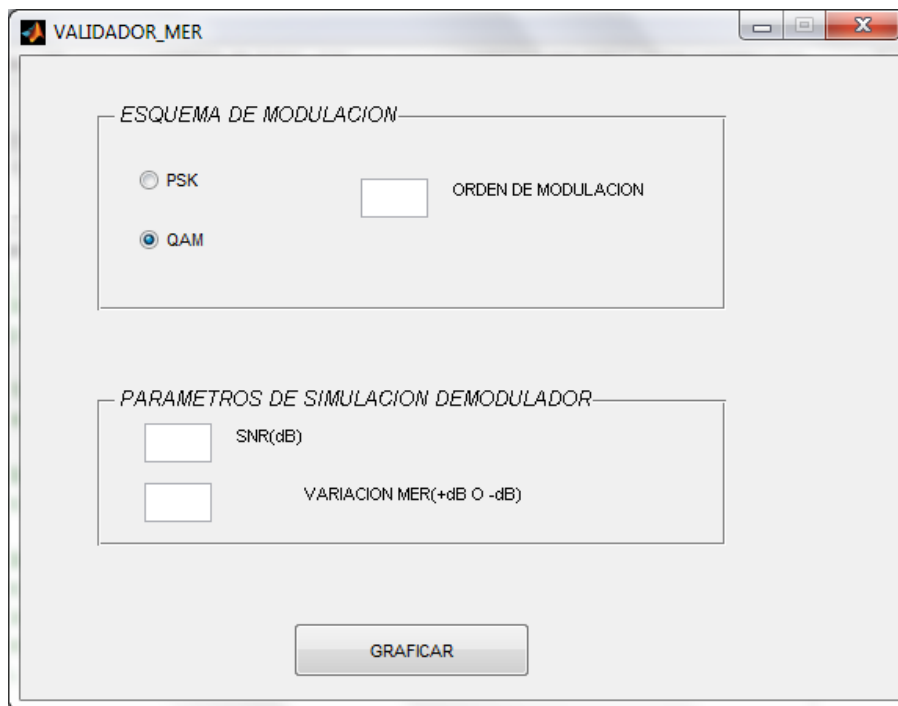


La interfaz gráfica de simulación VALIDADOR_MER se compone de dos secciones:

- Sección esquema de modulación.
- Sección parámetros de simulación demodulador.

En la figura A.2 se presenta la interfaz VALIDADOR_MER.

Figura A.2 Validador MER



1. Sección esquema de modulación

Esta sección permite configurar el esquema de modulación, QAM o PSK, dando clic en la opción deseada. Contiene un campo en el que se ingresa el orden de modulación, siendo 2, 8, para el esquema de modulación PSK, y 4, 16, 64 para el caso de QAM. En la figura A.3 se aprecia la sección esquema de modulación.

Figura A.3 Sección esquema de modulación

ESQUEMA DE MODULACION

PSK

QAM

ORDEN DE MODULACION

2. Parámetros de simulación demodulador

Esta sección permite ingresar el valor de SNR y el valor del parámetro “variación MER”, por medio de campos de texto editable: En el campo de texto SNR se pueden introducir valores de 0 hasta 30 dB y el campo de texto “variación MER” recibe valores en dB con los cuales se manipula el radio de decisión para elegir símbolos de borradura. Al introducir valores positivos, el radio de decisión disminuye obteniendo como resultado más símbolos marcados como símbolos de borradura. Al introducir valores negativos el comportamiento es contrario al anteriormente expuesto. Esta sección es mostrada en la figura A.4.

Figura A.4 Sección parámetros de simulación demodulador

PARAMETROS DE SIMULACION DEMODULADOR

SNR(dB)

VARIACION MER(+dB O -dB)

A.2 MANUAL DE USUARIO INTERFAZ DE SIMULACION VALIDADOR MODELO DECODIFICADOR REED SOLOMON CON BORRADURA

Esta interfaz gráfica permite visualizar paso a paso el proceso de decodificación RS con borraduras. En ella se puede configurar parámetros de codificación, como el tamaño de símbolo m , el tamaño de la palabra mensaje k , palabra mensaje, vector de errores y

vector de borraduras. Una vez introducidos los valores configurables oprimiendo el botón validar se visualiza la palabra codificada a transmitir, la palabra recibida por el decodificador, la palabra recibida sin borraduras, el polinomio localizador de borraduras, el síndrome, el síndrome modificado, el polinomio localizador de error, el polinomio evaluador, el polinomio localizador de error borradura, el patrón de error y finalmente la palabra código decodificada.

La interfaz gráfica validador modelo decodificador RS con borraduras consta de cuatro secciones:

- Parámetros del código $RS(n, k)$.
- Parámetros de simulación de validación.
- Resultado de validación.
- Visualización del número de errores y SER.

En la figura B.5 se observa los cuatro componentes que conforman la interfaz gráfica del validador modelo decodificador RS con borraduras.

Figura A.5 Validador modelo decodificador RS con borraduras

1. Parámetros del código $RS(n, k)$

Los parámetros que constituyen esta sección del simulador son: La longitud de símbolo m , la longitud del mensaje k , longitud de palabra codificada. Los parámetros longitud de símbolo y longitud del mensaje son introducidos por el usuario, de manera que el valor de m es un entero positivo menor que 9 y el valor de k es un entero positivo tal que la diferencia entre $n - k$ sea un número par. El parámetro n es generado automáticamente en el instante en que la longitud de símbolo es establecida. En la figura A.6 se presenta la sección parámetros del código $RS(n, k)$.

Figura A.6 Parámetros del código $RS(n, k)$

The image shows a graphical user interface window titled "PARAMETROS $RS(n, k)$ ". It contains three rows of labels and input fields:

- The first row has the label "m (bits por simbolo)" followed by a white rectangular input field.
- The second row has the label "k (simbolo por mensaje)" followed by a white rectangular input field.
- The third row has the label "n (simbolo por mensaje)" followed by a blue rectangular input field.

2. Parámetros de simulación de validación

Esta sección está constituida por los parámetros palabra mensaje, vector de error y vector de borraduras. Todos estos parámetros son introducidos por el usuario en forma de arreglos. La palabra mensaje corresponde a un arreglo dinámico de tamaño k y se compone de enteros positivos. Estos valores numéricos corresponden a la representación vectorial de los elementos del campo de Galois vista en la tabla 1.2 del capítulo 1. El parámetro vector de errores es un arreglo de tamaño $2^m - 1$ en el que se introduce números decimales en una posición específica, los cuales corresponden a la representación vectorial de los elementos del campo de Galois de la tabla 1.2. El parámetro vector de borraduras corresponde a un arreglo de tamaño $2^m - 1$, compuesto de números binarios, en el que se indica con un 1 que dicha posición es marcada como una borradura. En la figura A.7 se observa esta parte de la interfaz gráfica.

Figura A.7 Parámetros de simulación de validador

PARAMETROS DE SIMULACION DE VALIDACION	
Palabra Mensaje	[1 2 3 4 5 6 7 8 9]
Vector de Errores	[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
Vector de borraduras	[1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1]

3. Resultado de validación

Esta sección la conforman los campos palabra código, palabra recibida, palabra recibida sin borraduras, polinomio localizador de borraduras, síndrome, síndrome modificado, polinomio localizador de error, polinomio evaluador, polinomio localizador error-borradura, patrón de error borradura y palabra decodificada. Todos estos campos son arreglos en los que se visualiza el proceso de decodificación con capacidad de borrado, los datos corresponden a los resultados de los cálculos hechos para cada campo mostrados en un sistema decimal. Los campos palabra código, palabra recibida, palabra recibida sin borraduras, patrón de error borradura, polinomio localizador de borradura y palabra decodificada, son arreglos de tamaño $2^m - 1$. El tamaño del campo síndrome, síndrome modificado y polinomio localizador de error/borradura es de $2t$. Es importante resaltar que en caso de no existir errores ni borraduras, el síndrome es igual a 1 y no a cero, esto se debe a la condición inicial $r_1(X) = 1 + S(X)$ con la que se ejecuta el algoritmo Euclidiano vista en la sección 2.1.3 del capítulo 2. En la figura A.8 se muestra la sección resultado de validación.

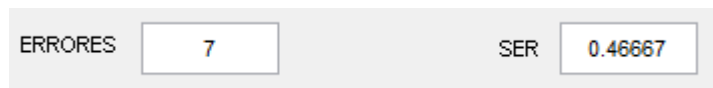
Figura A.8 Resultado de validación

RESULTADO DE VALIDACION	
Palabra Código	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
Palabra Recibida	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
Palabra Recibida sin borraduras	0 2 3 0 5 0 7 0 9 2 0 3 12 0 0
Polinomio Localizador de Borraduras	2 15 6 7 14 5 6 1
Síndrome	14 2 11 2 1 15 1
Síndrome Modificado	4 0 12 0 9 1
Polinomio Localizador de Error	1
Polinomio Evaluador	4 0 12 0 9 1
Polinomio Único Localizador Error/Borradura	2 15 6 7 14 5 6 1
Patrón de Error	6 0 0 10 0 5 0 10 0 0 8 0 0 10 0
Palabra decodificada	6 2 3 10 5 5 7 10 9 2 8 3 12 10 0

4. Visualización del número de errores y SER

El campo errores permite ver el número de errores de la palabra decodificada respecto a la palabra codificada, cuando la capacidad de corrección de error es sobrepasada. El campo SER visualiza valor de la tasa de error de símbolo, el cual corresponde a la relación del número de errores respecto al número de símbolos transmitidos. En la figura A.9 se presenta la sección visualización del número de errores y SER.

Figura A.9 Visualización del número de errores y SER



APENDICE B. TABLAS DE RESULTADOS

En el presente apéndice se muestran las tablas donde se consignan los resultados de los diferentes procesos involucrados en el trabajo de grado Análisis del Desempeño del Decodificador RS con Capacidad de Borrado.

B.1 VALIDADOR MODELO DECODIFICADOR RS CON CAPACIDAD DE BORRADO

En esta sección del apéndice B se presenta los datos obtenidos del proceso de decodificación al ejecutar el validador modelo de decodificador RS con capacidad de borrado. En esta simulación se dejan fijos el mensaje y el decodificador $RS(15,9)$ y se varía el número de borraduras y de errores. En las tablas B.1, B.2, B.3, B.4, B.5, B.6, B.7 se muestran los datos para diferentes cantidades de errores y borraduras.

Tabla B.1 Datos para dos borraduras y dos errores

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	2
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	2
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
VECTOR ERROR	0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 4 0 0 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 1 6 7 8 9 2 14 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 2 0 4 1 6 7 8 9 2 14 3 12 0 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	13 13 1
SÍNDROME	2 8 11 8 9 2 1
SÍNDROME MODIFICADO	6 12 6 14 13 15 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	11 7 5
POLINOMIO EVALUADOR	7 5 12 1 5
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	6 3 2 11 5
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 0 3 0 4 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
SER	0

Tabla B.2 Datos para cero borraduras y cero errores

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	0
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	0
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	1
SÍNDROME	0 0 0 0 0 0 1
SÍNDROME MODIFICADO	1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	1
POLINOMIO EVALUADOR	1
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	1
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
SER	0

Tabla B.3 Datos para tres errores y cero borraduras

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	3
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	0
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	3 0 0 5 0 0 0 0 0 0 6 0 0 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	3 2 3 5 5 6 7 8 9 2 6 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	3 2 3 5 5 6 7 8 9 2 6 3 12 15 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	1
SÍNDROME	8 8 8 14 10 6 1
SÍNDROME MODIFICADO	8 8 8 14 10 6 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	13 7 2 9
POLINOMIO EVALUADOR	12 14 1 9
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	13 7 2 9
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	2 0 0 1 0 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
SER	0

Tabla B.4 Datos con cuatro errores y cuatro borraduras

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	4
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	4
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	0 0 0 4 0 0 6 0 0 9 0 6 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 4 6 7 6 9 2 9 3 6 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 0 0 4 4 6 7 6 9 0 9 3 6 0 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	2 4 3 6 1
SÍNDROME	12 7 10 6 7 0 1
SÍNDROME MODIFICADO	5 11 6 3 4 6 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	11 12
POLINOMIO EVALUADOR	2 0 13 10 5 12
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	5 1 11 8 5 12
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 12 7 0 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0
PALABRA DECODIFICADA	1 12 7 4 4 6 7 6 9 7 9 3 6 0 11
SER	0.53333

Tabla B.5 Datos para un error y cuatro borraduras

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	1
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	4
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	0 0 0 0 0 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 5 6 9 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 2 0 4 0 6 9 0 9 2 0 3 12 15 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	8 14 9 0 1
SÍNDROME	5 1 14 1 14 13 1
SÍNDROME MODIFICADO	5 1 11 0 7 13 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	11 9
POLINOMIO EVALUADOR	12 4 12 4 9
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	7 12 11 13 11 9
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 0 3 0 5 0 14 8 0 0 1 0 0 0 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
SER	0

Tabla B.6 Datos para un error y cero borraduras

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	1
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	0
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	5
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 0 0 4 5 6 7 0 9 0 1 3 12 0 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	5 8 10 12 13 1
SÍNDROME	10 0 2 9 1 13 1
SÍNDROME MODIFICADO	2 2 13 3 0 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	1
POLINOMIO EVALUADOR	2 2 13 3 0 1
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	5 8 10 12 13 1
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 2 3 0 0 0 0 8 0 2 0 0 0 15 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 1 3 12 15 11
SER	0

Caso aleatorio donde coincide una posición marcada como borradura y como un error. En este caso el error es tomado como una borradura de manera que la capacidad de corrección de error no es superada y por tanto $SER = 0$.

Tabla B.7 Datos para borraduras marcadas como errores

RS(15,9)	
NÚMERO DE ERRORES (v)	4
NÚMERO DE BORRADURAS (f)	3
CAPACIDAD DE CORRECCIÓN (2t)	6
MENSAJE	1 2 3 4 5 6 7 8 9
VECTOR ERROR	0 0 0 0 4 0 0 6 0 0 9 0 6 0 0
VECTOR DE BORRADURAS	0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
PALABRA CODIFICADA	1 2 3 4 4 6 7 6 9 2 9 3 6 15 11
PALABRA RECIBIDA	1 2 3 4 0 6 7 0 9 2 0 3 6 15 11
PALABRA RECIBIDA SIN BORRADURAS	1 2 3 4 0 6 7 0 9 2 0 3 6 15 11
POLINOMIO LOCALIZADOR DE BORRADURAS	12 3 15 1
SÍNDROME	2 13 12 1 1 2 1
SÍNDROME MODIFICADO	14 10 11 4 15 13 1
POLINOMIO LOCALIZADOR DE ERROR	3 4
POLINOMIO EVALUADOR	6 1 13 2 4
POLINOMIO LOCALIZADOR ERROR/BORRADURA	7 0 14 10 4
PATRÓN DE ERROR/BORRADURA	0 0 0 0 5 0 0 8 0 0 1 0 10 0 0
PALABRA DECODIFICADA	1 2 3 4 4 6 7 6 9 2 9 3 6 15 11
SER	0

B.2 DATOS DE NÚMERO DE SÍMBOLOS FIABLES Y NO FIABLES

En las tablas de la B.8 hasta la tabla B.51 se presentan los datos de la cantidad de símbolos fiables y no fiables en función del SNR para simulación en las que se varía el orden y esquema de modulación.

❖ MODULACIÓN 4-QAM

Tabla B.8 Datos para 4-QAM y variación MER 6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN:4-QAM			
VARIACIÓN MER Db			6
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	2070	7930	1,83
1	1984	8016	2,57
2	1996	8004	3,24
3	1893	8107	4,04
4	1974	8026	4,71
5	2029	7971	5,52
6	2174	7826	6,33
7	2126	7874	7,23
8	2239	7761	8,06
9	2167	7833	8,96
10	2263	7737	1,0
11	2240	7760	11,1
12	2210	7790	12
13	2234	7766	13
14	2222	7778	14
15	2237	7763	14,9
16	2174	7826	16
17	2255	7745	17
18	2247	7753	18,1
19	2219	7781	19
20	2216	7784	20
21	2275	7725	21
22	2257	7743	22
23	2262	7738	23
24	2238	7762	24,1
25	2189	7811	25
26	2173	7827	26
27	2203	7797	26,9
28	2219	7781	28
29	2276	7724	29
30	2191	7809	30

Tabla B.1 Datos para 4-QAM y variación MER 5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	2560	7440	1,7
1	2441	7559	2,56
2	2356	7644	3,17
3	2450	7550	4
4	2361	7639	4,78
5	2484	7516	5,51
6	2589	7411	6,32
7	2577	7423	7,13
8	2678	7322	8,24
9	2677	7323	9,02
10	2724	7276	9,97
11	2715	7285	11
12	2674	7326	12
13	2634	7366	13
14	2729	7271	14,1
15	2658	7342	15
16	2798	7202	16,2
17	2741	7259	17
18	2674	7326	18
19	2705	7295	19,1
20	2729	7271	20
21	2760	7240	21
22	2768	7232	22
23	2726	7274	22,9
24	2725	7275	24
25	2716	7284	25
26	2749	7251	26
27	2718	7282	26,9
28	2743	7257	28
29	2733	7267	29
30	2694	7306	30

Tabla B.2 Datos para 4-QAM y variación MER 4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	3216	6784	1,72
1	3036	6964	2,57
2	2939	7061	3,27
3	2880	7120	4,62
4	2965	7035	5,3
5	2992	7008	5,9
6	3121	6879	6,37
7	3207	6793	7,14
8	3217	6783	8,1
9	3313	6687	9,02
10	3296	6704	10
11	3330	6670	11,1
12	3290	6710	12
13	3271	6729	13,1
14	3271	6729	14
15	3247	6753	15,1
16	3247	6753	16
17	3190	6810	16,9
18	3326	6674	18
19	3306	6694	19
20	3272	6728	20,1
21	3295	6705	20,9
22	3224	6776	22,1
23	3275	6725	23
24	3329	6671	24,1
25	3298	6702	24,9
26	3320	6680	26
27	3283	6717	27
28	3203	6797	28
29	3360	6640	29
30	3241	6759	29,9

Tabla 31 Datos para 4-QAM y variación MER 3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	3966	6034	1,80
1	3804	6196	2,48
2	3653	6347	3,33
3	3520	6480	4
4	3542	6458	4,72
5	3594	6406	5,49
6	3734	6266	6,37
7	3859	6141	7,14
8	3866	6134	8,10
9	3881	6119	9,02
10	3941	6059	10
11	3924	6076	11
12	4011	5989	12
13	3932	6068	13
14	3866	6134	14
15	3922	6078	15,1
16	3965	6035	16
17	3937	6063	16,9
18	3891	6109	18
19	3966	6034	19
20	3992	6008	20,1
21	3986	6014	20,9
22	3979	6021	22,1
23	3992	6008	23
24	3933	6067	24,1
25	3957	6043	24,9
26	3903	6097	26
27	3874	6126	27
28	3965	6035	28
29	4042	5958	29
30	3906	6094	30

Tabla B.4 Datos para 4-QAM y variación MER 2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	4866	5134	1,83
1	4587	5413	2,57
2	4342	5658	3,24
3	4255	5745	4,04
4	4317	5683	4,71
5	4323	5677	5,52
6	4438	5562	6,33
7	4550	5450	7,23
8	4577	5423	8,06
9	4612	5388	8,96
10	4677	5323	10
11	4628	5372	11,1
12	4715	5285	12
13	4688	5312	13
14	4700	5300	14
15	4698	5302	14,9
16	4667	5333	15
17	4628	5372	16
18	4702	5298	17
19	4680	5320	18
20	4704	5296	19
21	4707	5293	20
22	4670	5330	21
23	4675	5325	22
24	4627	5373	24,1
25	4670	5330	25
26	4664	5336	26
27	4652	5348	26,9
28	4662	5338	28
29	4740	5260	29
30	4692	5308	30

Tabla B.5 Datos para 4-QAM y variación MER 1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	6026	3974	1,73
1	5631	4369	2,47
2	5269	4731	3,19
3	5223	4777	3,97
4	5185	4815	4,72
5	5190	4810	5,53
6	5330	4670	6,37
7	5319	4681	7,16
8	5407	4593	7,99
9	5413	4587	9,03
10	5465	4535	10
11	5473	4527	10,9
12	5460	4540	12
13	5506	4494	13
14	5502	4498	14
15	5471	4529	15
16	5486	4514	16
17	5544	4456	17
18	5459	4541	18
19	5469	4531	19
20	5491	4509	20
21	5499	4501	21,1
22	5449	4551	22
23	5505	4495	22,9
24	5525	4475	24,1
25	5485	4515	25
26	5487	4513	26
27	5504	4496	27
28	5512	4488	2,8
29	5527	4473	2,9
30	5498	4502	30

Tabla B.14 Datos para 4-QAM y variación MER 0 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			MER
SNR	FIABLES	NO FIABLES	0
0	6853	3147	1,7
1	6665	3335	2,56
2	6451	3549	3,17
3	6190	3810	4
4	6018	3982	4,78
5	6077	3923	5,51
6	6033	3967	6,32
7	6155	3845	7,13
8	6292	3708	8,24
9	6295	3705	9,02
10	6345	3655	9,97
11	6291	3709	11
12	6307	3693	12
13	6300	3700	13
14	6396	3604	14,1
15	6332	3668	15
16	6359	3641	16,2
17	6354	3646	17
18	6336	3664	18
19	6330	3670	19,1
20	6324	3676	20
21	6295	3705	21
22	6326	3674	22
23	6350	3650	22,9
24	6335	3665	24
25	6364	3636	25
26	6298	3702	26
27	6314	3686	26,9
28	6299	3701	28
29	6300	3700	29
30	6322	3678	30

Tabla B.6 Datos para 4-QAM y variación MER - 1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7573	2427	1,72
1	7580	2420	2,57
2	7487	2513	3,27
3	7280	2720	3,95
4	7051	2949	4,83
5	6904	3096	5,57
6	7030	2970	6,32
7	7021	2979	7,13
8	7097	2903	8,11
9	7128	2872	8,97
10	7161	2839	10
11	7171	2829	11
12	7173	2827	12
13	7131	2869	13
14	7167	2833	14
15	7090	2910	15
16	7167	2833	16
17	7131	2869	17
18	7169	2831	18
19	7150	2850	19
20	7190	2810	20
21	7135	2865	21
22	7199	2801	22
23	7104	2896	23
24	7222	2778	24
25	7162	2838	25
26	7165	2835	26
27	7121	2879	27
28	7161	2839	28
29	7162	2838	29
30	7124	2876	29,9

Tabla B.7 Datos para 4-QAM y variación MER -2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8221	1779	1,83
1	8256	1744	2,57
2	8269	1731	3,24
3	8205	1795	4,04
4	8172	1828	4,71
5	7949	2051	5,52
6	7802	2198	6,33E
7	7871	2129	7,23
8	7888	2112	8,06
9	7932	2068	8,96
10	7922	2078	10
11	7915	2085	11,1
12	7947	2053	12
13	7954	2046	1,3
14	7946	2054	14
15	7936	2064	14,9
16	7939	2061	16
17	7939	2061	17
18	7934	2066	18
19	7989	2011	19
20	7895	2105	20
21	7967	2033	21
22	7947	2053	22
23	7983	2017	23
24	7960	2040	24,1
25	7947	2053	25
26	8009	1991	26
27	7936	2064	26,9
28	7928	2072	28
29	7956	2044	29
30	7957	2043	30

Tabla B.8 Datos para 4-QAM y variación MER -3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8698	1302	1,8
1	8735	1265	2,48
2	8864	1136	3,3
3	8872	1128	40,3
4	8901	1099	4,7
5	8827	1173	5,49
6	8673	1327	6,37
7	8627	1373	7,14
8	8599	1401	8,1
9	8628	1372	9,02
10	8626	1374	10
11	8625	1375	11
12	8660	1340	12
13	8616	1384	1,3
14	8647	1353	1,40
15	8652	1348	15,1
16	8664	1336	16
17	8627	1373	1,69
18	8651	1349	1,8
19	8638	1362	19
20	8638	1362	20,1
21	8633	1367	20,9
22	8621	1379	22,1
23	8657	1343	23
24	8646	1354	24,1
25	8634	1366	2,49
26	8627	1373	26
27	8636	1364	2,7
28	8632	1368	28
29	8662	1338	2,9
30	8579	1421	30

Tabla B.9 Datos para 4-QAM y variación MER -4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9095	905	1,75
1	9165	835	2,4
2	9240	760	3,24
3	9297	703	3,94
4	9334	666	4,73
5	9352	648	5,48
6	9337	663	6,29
7	9282	718	7,14
8	9177	823	8,03
9	9175	825	9,02
10	9193	807	10
11	9219	781	11,1
12	9203	797	12
13	9197	803	13
14	9203	797	1,4
15	9194	806	15
16	9197	803	16
17	9151	849	17,1
18	9188	812	18
19	9197	803	19
20	9164	836	20
21	9172	828	21
22	9206	794	22
23	9183	817	23
24	9215	785	24,1
25	9208	792	24,9
26	9202	798	6
27	9139	861	27
28	9178	822	28
29	9181	819	29
30	9201	799	30,1

Tabla B.10 Datos para 4-QAM y variación MER -5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9453	547	1,72
1	9486	514	2,59
2	9553	447	3,24
3	9617	383	3,97
4	9649	351	4,67
5	9693	307	5,46
6	9680	320	6,28
7	9675	325	7,17
8	9617	383	8,14
9	9593	407	9,05
10	9586	414	10
11	9580	420	11
12	9591	409	12
13	9582	418	13
14	9583	417	14
15	9596	404	15
16	9570	430	15,9
17	9586	414	17,1
18	9598	402	18,1
19	9559	441	19
20	9589	411	20
21	9558	442	21
22	9568	432	22
23	9563	437	23
24	9568	432	24
25	9575	425	25,1
26	9541	459	26
27	9574	426	27
28	9585	415	28
29	9580	420	29,1
30	9598	402	30

Tabla B.11 Datos para 4-QAM y variación MER -6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-6
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9676	324	1,77
1	9724	276	2,69
2	9776	224	3,32
3	9809	191	3,98
4	9820	180	4,79
5	9855	145	5,48
6	9867	133	6,31
7	9846	154	7,2
8	9867	133	8,11
9	9847	153	9
10	9784	216	10,1
11	9817	183	11
12	9809	191	12
13	9827	173	13,1
14	9805	195	14
15	9796	204	15
16	9791	209	16
17	9811	189	17,1
18	9838	162	18
19	9802	198	19
20	9807	193	20
21	9807	193	21
22	9819	181	22
23	9792	208	23
24	9827	173	23,9
25	9802	198	25
26	9805	195	26
27	9821	179	27
28	9831	169	28
29	9824	176	29
30	9831	169	30

Tabla B.12 Datos para 4-QAM y variación MER -9 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-9
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9983	17	1,73
1	9986	14	2,47
2	9997	3	3,19
3	9993	7	3,97
4	9996	4	4,72
5	9997	3	5,53
6	9999	1	6,37
7	9999	1	7,16
8	9996	4	7,99
9	9999	1	9,03
10	9997	3	10
11	9999	1	10,9
12	9997	3	12
13	9991	9	13
14	9995	5	14
15	9994	6	15
16	9997	3	16
17	9995	5	17
18	9999	1	18
19	9998	2	19
20	9996	4	20
21	9996	4	21,1
22	9997	3	22
23	9998	2	22,9
24	9997	3	24,1
25	9998	2	25
26	9995	5	26
27	9993	7	27
28	9996	4	2,8
29	9997	3	2,9
30	9997	3	30

Tabla B.13 Datos para 4-QAM y variación MER 9 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 4-QAM			
VARIACIÓN MER dB			9
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	1020	8980	1,7
1	974	9026	2,56
2	1020	8980	3,17
3	1000	9000	4
4	1021	8979	4,78
5	1065	8935	5,51
6	1083	8917	6,32
7	1170	8830	7,13
8	1158	8842	8,24
9	1199	8801	9,02
10	1184	8816	9,97
11	1153	8847	11
12	1184	8816	12
13	1157	8843	13
14	1158	8842	14,1
15	1202	8798	15
16	1222	8778	16,2
17	1180	8820	17
18	1158	8842	18
19	1216	8784	19,1
20	1191	8809	20
21	1141	8859	21
22	1131	8869	22
23	1134	8866	22,9
24	1159	8841	24
25	1193	8807	25
26	1156	8844	26
27	1162	8838	26,9
28	1225	8775	28
29	1169	8831	29
30	1204	8796	30

❖ Simulación para 16-QAM

Tabla B.14 Datos para 16-QAM y variación MER 6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB:			6
SNR (dB)	FIABLES	NO FIABLES	MER (dB)
0	4233	5767	4,93
1	3542	6458	5,86
2	3061	6939	6,64
3	2718	7282	7,53
4	2357	7643	8,19
5	2093	7907	8,87
6	1866	8134	9,49
7	1750	8250	9,99
8	1662	8338	10,55
9	1697	8303	11,06
10	1704	8296	11,6
11	1826	8174	12,14
12	1919	8081	12,74
13	1936	8064	13,4
14	2086	7914	14,25
15	2138	7862	15,15
16	2168	7832	16,01
17	2166	7834	17,03
18	2224	7776	17,94
19	2241	7759	18,99
20	2208	7792	20
21	2221	7779	21
22	2296	7704	21,97
23	2202	7798	22,97
24	2210	7790	24,01
25	2249	7751	25,06
26	2228	7772	26,06
27	2298	7702	26,98
28	2198	7802	27,98
29	2198	7802	29,01
30	2228	7772	30

Tabla B.15 Datos para 16-QAM y variación MER 5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	5274	4726	4,94
1	4533	5467	5,98
2	3830	6170	6,69
3	3378	6622	7,48
4	2893	7107	8,22
5	2669	7331	8,89
6	2387	7613	9,52
7	2192	7808	10
8	2076	7924	10,6
9	2101	7899	10,9
10	2066	7934	11,5
11	2254	7746	12,2
12	2361	7639	12,8
13	2527	7473	13,4
14	2538	7462	14,2
15	2687	7313	15,2
16	2677	7323	16
17	2687	7313	17
18	2744	7256	18
19	2705	7295	19
20	2740	7260	20
21	2734	7266	20,9
22	2741	7259	22
23	2683	7317	23,1
24	2670	7330	24
25	2720	7280	25
26	2672	7328	26
27	2736	7264	27
28	2717	7283	28
29	2757	7243	28,9
30	2611	7389	30

Tabla B.16 Datos para 16-QAM y variación MER 4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	5894	4106	4,90
1	5517	4483	5,83
2	4771	5229	6,74
3	4283	5717	7,48
4	3763	6237	8,08
5	3294	6706	8,80
6	2995	7005	9,42
7	2685	7315	10,1
8	2621	7379	10,5
9	2628	7372	11
10	2611	7389	11,6
11	2864	7136	12,1
12	2833	7167	12,8
13	3011	6989	13,5
14	3134	6866	14,2
15	3264	6736	15,1
16	3226	6774	16
17	3290	6710	17
18	3293	6707	18,1
19	3225	6775	19
20	3238	6762	20
21	3311	6689	21
22	3261	6739	22
23	3264	6736	23,1
24	3323	6677	24
25	3339	6661	25
26	3275	6725	26
27	3383	6617	26,9
28	3315	6685	28
29	3342	6658	29,1
30	3336	6664	30

Tabla B.17 Datos para 16-QAM y variación MER 3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	6430	3570	5,03
1	6289	3711	5,76
2	5994	4006	6,66
3	5277	4723	7,44
4	4576	5424	8,29
5	4171	5829	8,91
6	3778	6222	9,45
7	3473	6527	10,1
8	3320	6680	10,6
9	3297	6703	11
10	3264	6736	11,5
11	3402	6598	1,21
12	3501	6499	12,8
13	3631	6369	13,5
14	3778	6222	14,3
15	3907	6093	15,1
16	3904	6096	16,1
17	3919	6081	17
18	3912	6088	18
19	3950	6050	18,9
20	3922	6078	20,1
21	3976	6024	21,1
22	3849	6151	22
23	3955	6045	23,1
24	3999	6001	24
25	3931	6069	25
26	3875	6125	26
27	3967	6033	26,9
28	3910	6090	28
29	3899	6101	29
30	3971	6029	30

Tabla B.18 Datos para 16-QAM y variación MER 2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	6820	3180	4,86
1	6784	3216	6,07
2	6692	3308	6,64
3	6440	3560	7,42
4	5868	4132	8,17
5	5177	4823	8,86
6	4763	5237	9,44
7	4458	5542	9,94
8	4112	5888	10,5
9	4068	5932	11
10	3968	6032	11,5
11	4090	5910	12,1
12	4197	5803	12,8
13	4282	5718	13,4
14	4463	5537	14,2
15	4595	5405	15,1
16	4613	5387	16
17	4623	5377	16,9
18	4639	5361	18
19	4670	5330	19
20	4657	5343	20,1
21	4646	5354	21
22	4666	5334	22
23	4667	5333	23
24	4741	5259	24
25	4694	5306	25
26	4706	5294	26
27	4619	5381	27
28	4664	5336	27,9
29	4682	5318	29
30	4650	5350	30

Tabla B.19 Datos para 16-QAM y variación MER 1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7189	2811	5,04
1	7217	2783	5,73
2	7267	2733	6,73
3	7097	2903	7,46
4	6816	3184	8,3
5	6403	3597	8,96
6	5818	4182	9,54
7	5585	4415	9,91
8	5145	4855	10,5
9	4963	5037	11,1
10	4860	5140	11,6
11	4875	5125	12,1
12	4959	5041	12,7
13	5127	4873	13,4
14	5246	4754	14,3
15	5402	4598	15,2
16	5424	4576	16
17	5489	4511	17
18	5441	4559	18
19	5472	4528	19
20	5440	4560	19,9
21	5421	4579	21
22	5505	4495	22
23	5485	4515	23
24	5512	4488	24
25	5486	4514	25,1
26	5539	4461	26,1
27	5448	4552	26,9
28	5456	4544	28
29	5443	4557	29
30	5529	4471	30,1

Tabla B.20 Datos para 16-QAM y variación MER 0 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			0
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7512	2488	4,99
1	7497	2503	5,8
2	7627	2373	6,8
3	7633	2367	7,36
4	7568	2432	8,25
5	7426	2574	8,89
6	7121	2879	9,41
7	6782	3218	10,1
8	6313	3687	10,5
9	6080	3920	11
10	5876	4124	11,5
11	5888	4112	12,2
12	5845	4155	12,7
13	5965	4035	13,5
14	6082	3918	14,3
15	6271	3729	15,1
16	6223	3777	16
17	6302	3698	17
18	6304	3696	17,9
19	6360	3640	19
20	6334	3666	20
21	6333	3667	21
22	6258	3742	22
23	6303	3697	23
24	6324	3676	24
25	6338	3662	25
26	6318	3682	26
27	6325	3675	27
28	6336	3664	28,1
29	6342	3658	28,9
30	6332	3668	30

Tabla B.21 Datos para 16-QAM y variación MER -1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7818	2182	4,94
1	7910	2090	5,70
2	7944	2056	6,66
3	8052	1948	7,60
4	8060	1940	8,07
5	8060	1940	8,78
6	7960	2040	9,45
7	7825	2175	10
8	7595	2405	10,5
9	7343	2657	11
10	7056	2944	11,6
11	6928	3072	12
12	6854	3146	12,8
13	6848	3152	13,5
14	6963	3037	14,3
15	7079	2921	15,1
16	7067	2933	16
17	7173	2827	17
18	7159	2841	18
19	7158	2842	19
20	7111	2889	20
21	7149	2851	21,1
22	7134	2866	22
23	7157	2843	23
24	7167	2833	24
25	7178	2822	24,9
26	7181	2819	25,9
27	7145	2855	27
28	7174	2826	28
29	7126	2874	29
30	7138	2862	30

Tabla B.22 Datos para 16-QAM y variación MER -2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8175	1825	4,94
1	8249	1751	5,80
2	8320	1680	6,74
3	8334	1666	7,46
4	8387	1613	8,10
5	8520	1480	8,82
6	8589	1411	9,43
7	8547	1453	10
8	8484	1516	10,5
9	8379	1621	11
10	8238	1762	11,6
11	8041	1959	12,2
12	7883	2117	12,8
13	7784	2216	13,4
14	7839	2161	14,3
15	7875	2125	15,2
16	7936	2064	16,1
17	7971	2029	17
18	7918	2082	18
19	7920	2080	19
20	7987	2013	20
21	7990	2010	21
22	7957	2043	22
23	7940	2060	23
24	7964	2036	24
25	7981	2019	25
26	7958	2042	26
27	7941	2059	27,1
28	7948	2052	2,8
29	7941	2059	29,1
30	7959	2041	30

Tabla B.23 Datos para 16-QAM y variación MER -3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8513	1487	4,92
1	8552	1448	5,83
2	8606	1394	6,65
3	8663	1337	7,58
4	8762	1238	8,24
5	8820	1180	8,8
6	8918	1082	9,47
7	9003	997	10,1
8	9030	970	10,5
9	9076	924	11
10	9036	964	11,6
11	8953	1047	12,1
12	8924	1076	12,7
13	8648	1352	13,5
14	8561	1439	14,2
15	8559	1441	15
16	8593	1407	15,9
17	8663	1337	17
18	8650	1350	18
19	8641	1359	19
20	8658	1342	20
21	8662	1338	20,9
22	8681	1319	22,1
23	8617	1383	22,9
24	8662	1338	24
25	8658	1342	25
26	8599	1401	26
27	8613	1387	27
28	8622	1378	28
29	8671	1329	29
30	8659	1341	29,9

Tabla B.24 Datos para 16-QAM y variación MER -4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8798	1202	4,91
1	8867	1133	5,82
2	8856	1144	6,72
3	8937	1063	7,60
4	9033	967	8,27
5	9136	864	8,96
6	9194	806	9,43
7	9270	730	9,98
8	9363	637	10,5
9	9439	561	11,1
10	9491	509	11,6
11	9487	513	12,1
12	9482	518	12,7
13	9421	579	13,4
14	9240	760	14,3
15	9161	839	15,2
16	9149	851	16,1
17	9157	843	17,1
18	9192	808	18
19	9189	811	19,1
20	9214	786	20,1
21	9213	787	21
22	9174	826	22
23	9181	819	23
24	9157	843	24
25	9181	819	25
26	9192	808	26
27	9209	791	26,9
28	9202	798	28
29	9172	828	29
30	9162	838	30,1

Tabla B.25 Datos para 16-QAM y variación MER -5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9155	845	4,80
1	9148	852	5,82
2	9177	823	6,72
3	9255	745	7,43
4	9289	711	8,26
5	9353	647	8,78
6	9429	571	9,45
7	9542	458	1,01
8	9592	408	10,6
9	9666	334	11,1
10	9737	263	11,5
11	9804	196	12,2
12	9785	215	12,8
13	9785	215	13,4
14	9716	284	14,3
15	9635	365	15,1
16	9593	407	16,1
17	9598	402	17,1
18	9586	414	18
19	9581	419	19
20	9577	423	20
21	9582	418	21,1
22	9583	417	22
23	9556	444	23
24	9580	420	24
25	9563	437	25
26	9569	431	26
27	9572	428	27
28	9567	433	28
29	9570	430	28,9
30	9575	425	30

Tabla B.26 Datos para 16-QAM y variación MER -6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-6
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9406	594	5,04
1	9390	610	5,87
2	9403	597	6,61
3	9461	539	7,50
4	9501	499	8,21
5	9578	422	8,88
6	9645	355	9,43
7	9711	289	9,99
8	9772	228	10,5
9	9814	186	11
10	9850	150	11,6
11	9888	112	12,2
12	9924	76	12,8
13	9918	82	13,5
14	9904	96	14,2
15	9894	106	15,1
16	9867	133	16,1
17	9795	205	17,1
18	9815	185	18,1
19	9794	206	19
20	9818	182	20
21	9820	180	21
22	9805	195	22
23	9831	169	23
24	9835	165	24
25	9821	179	25
26	9820	180	26
27	9813	187	27
28	9822	178	28
29	9812	188	29,1
30	9817	183	30

Tabla B.27 Datos para 16-QAM y variación MER -9 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			-9
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9882	118	5,07
1	9873	127	5,86
2	9877	123	6,75
3	9898	102	7,46
4	9910	90	8,28
5	9930	70	8,97
6	9949	51	9,44
7	9978	22	10,1
8	9981	19	10,6
9	9987	13	11
10	9995	5	11,6
11	9990	10	12,2
12	9996	4	12,7
13	9999	1	13,5
14	9998	2	14,2
15	9996	4	15,1
16	9998	2	16,1
17	9999	1	17
18	9999	1	18,1
19	9998	2	19
20	9995	5	20,1
21	9998	2	21
22	9998	2	21,9
23	9995	5	23
24	9997	3	24
25	9998	2	25
26	9996	4	26,1
27	9999	1	27
28	9997	3	28
29	9994	6	29
30	9997	3	29,9

Tabla B.28 Datos para 16-QAM y variación MER 9 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 16-QAM			
VARIACIÓN MER dB			9
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	2130	7870	4,88
1	1794	8206	5,87
2	1557	8443	6,75
3	1323	8677	7,40
4	1178	8822	8,28
5	1052	8948	8,90
6	909	9091	9,52
7	912	9088	10,1
8	855	9145	10,6
9	853	9147	11
10	919	9081	11,6
11	989	9011	12,2
12	1075	8925	12,7
13	1066	8934	13,5
14	1104	8896	14,3
15	1151	8849	15,2
16	1195	8805	16,1
17	1167	8833	17
18	1129	8871	18
19	1186	8814	19
20	1158	8842	19,9
21	1171	8829	21
22	1203	8797	22
23	1130	8870	23,1
24	1239	8761	24
25	1161	8839	25
26	1167	8833	26
27	1179	8821	27
28	1150	8850	27,9
29	1132	8868	29
30	1145	8855	30

❖ Esquema de modulación 8-PSK

Tabla B.29 Datos para 8-PSK y variación MER 6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			6
SNR	FIABLES	NO FIABLES	
0	3017	6983	2,84
1	2765	7235	3,83
2	2568	7432	4,57
3	2329	7671	5,4
4	2118	7882	6,15
5	2029	7971	6,97
6	1999	8001	7,61
7	1911	8089	8,34
8	1931	8069	9,08
9	1918	8082	9,7,9
10	2006	7994	10,6
11	2133	7867	11,4
12	2126	7874	12,3
13	2206	7794	13,1
14	2234	7766	14,1
15	2189	7811	1,5
16	2105	7895	1,6
17	2171	7829	17,1
18	2229	7771	1,8
19	2205	7795	19,1
20	2254	7746	2,0
21	2266	7734	2,1
22	2182	7818	2,2
23	2242	7758	2,3
24	2270	7730	2,4
25	2275	7725	25,1
26	2192	7808	26
27	2224	7776	27
28	2252	7748	28
29	2188	7812	29
30	2259	7741	29,9

Tabla B.30 Datos para 8-PSK y variación MER 5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	3812	6188	2,82
1	3391	6609	3,82
2	3130	6870	4,71
3	2916	7084	5,41
4	2720	7280	6,17
5	2557	7443	6,94
6	2459	7541	7,55
7	2462	7538	8,42
8	2329	7671	9,09
9	2395	7605	9,81
10	2460	7540	10,5
11	2504	7496	11,4
12	2578	7422	12,2
13	2704	7296	13,2
14	2710	7290	14,1
15	2755	7245	1,5
16	2744	7256	16
17	2724	7276	17
18	2758	7242	18,1
19	2690	7310	19
20	2661	7339	20
21	2657	7343	20,9
22	2747	7253	21,9
23	2672	7328	23
24	2704	7296	24
25	2670	7330	25
26	2661	7339	26
27	2761	7239	27
28	2751	7249	27,9
29	2783	7217	29
30	2733	7267	30

Tabla B.31 Datos para 8-PSK y variación MER 4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	
0	4402	5598	2,96
1	4234	5766	3,8
2	3902	6098	4,67
3	3532	6468	5,41
4	3361	6639	6,22
5	3173	6827	6,99
6	3047	6953	7,67
7	2833	7167	8,3
8	2846	7154	9,06
9	2955	7045	9,82
10	2961	7039	10,6
11	3105	6895	1,1,4
12	3090	6910	12,2
13	3239	6761	13,1
14	3278	6722	14
15	3298	6702	15,1
16	3251	6749	16
17	3289	6711	17
18	3262	6738	18
19	3267	6733	19
20	3291	6709	20,1
21	3292	6708	2,1
22	3296	6704	21,9
23	3259	6741	23
24	3218	6782	24
25	3301	6699	24,9
26	3277	6723	2,6
27	3274	6726	27
28	3271	6729	28
29	3362	6638	29,1
30	3251	6749	30

Tabla B.32 Datos para 8-PSK y variación MER 3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	5048	4952	2,96
1	4921	5079	3,82
2	4706	5294	4,73
3	4495	5505	5,39
4	4092	5908	6,22
5	3963	6037	6,97
6	3738	6262	7,62
7	3617	6383	8,33
8	3536	6464	9,13
9	3586	6414	9,83
10	3619	6381	10,6
11	3708	6292	11,4
12	3754	6246	12,2
13	3829	6171	13,1
14	3916	6084	14,1
15	3968	6032	15,1
16	3957	6043	16
17	3953	6047	17
18	3805	6195	18
19	3916	6084	19
20	4017	5983	20
21	3954	6046	21
22	3999	6001	21,9
23	3899	6101	22,9
24	3911	6089	24
25	3893	6107	25
26	3918	6082	26
27	3882	6118	27
28	3949	6051	28
29	3986	6014	29,1
30	3899	6101	30

Tabla B.33 Datos para 8-PSK y variación MER 2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	5756	4244	2,93
1	5558	4442	3,89
2	5454	4546	4,64
3	5336	4664	5,46
4	5151	4849	6,24
5	4862	5138	6,9
6	4555	5445	7,6
7	4357	5643	8,30
8	4300	5700	9,15
9	4274	5726	9,82
10	4319	5681	10,6
11	4437	5563	11,4
12	4483	5517	12,2
13	4578	5422	13,1
14	4686	5314	14,1
15	4691	5309	15
16	4676	5324	16,1
17	4736	5264	17
18	4743	5257	18
19	4661	5339	19
20	4676	5324	20
21	4603	5397	20,9
22	4645	5355	22
23	4671	5329	23
24	4664	5336	24
25	4705	5295	24,9
26	4711	5289	26,1
27	4662	5338	27
28	4605	5395	28
29	4669	5331	29
30	4703	5297	30

Tabla B.34 Datos para 8-PSK y variación MER 1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	6311	3689	2,98
1	6247	3753	3,80
2	6192	3808	4,74
3	6039	3961	5,42
4	6005	3995	6,23
5	5856	4144	6,94
6	5695	4305	7,55
7	5371	4629	8,36
8	5177	4823	9,06
9	5149	4851	9,71
10	5165	4835	10,6
11	5208	4792	11,4
12	5323	4677	12,3
13	5407	4593	13,1
14	5422	4578	14
15	5484	4516	15
16	5461	4539	16,1
17	5477	4523	17
18	5479	4521	18
19	5478	4522	19
20	5464	4536	20
21	5411	4589	21
22	5439	4561	22
23	5537	4463	23,1
24	5471	4529	24
25	5488	4512	24,9
26	5515	4485	26
27	5429	4571	27
28	5495	4505	27,9
29	5487	4513	29
30	5466	4534	30,1

Tabla B.35 Datos para 8-PSK y variación MER 0 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			0
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7004	2996	2,9
1	6918	3082	3,84
2	6770	3230	4,74
3	6734	3266	5,38
4	6843	3157	6,18
5	6752	3248	6,98
6	6620	3380	7,62
7	6471	3529	8,35
8	6252	3748	9,10
9	6095	3905	9,78
10	6048	3952	10,5
11	6048	3952	11,4
12	6144	3856	12,2
13	6169	3831	13,1
14	6248	3752	14
15	6286	3714	14,9
16	6378	3622	16
17	6312	3688	17
18	6350	3650	18
19	6272	3728	19
20	6319	3681	20
21	6302	3698	21
22	6345	3655	22
23	6284	3716	23
24	6345	3655	24
25	6374	3626	25
26	6369	3631	26
27	6363	3637	27
28	6334	3666	28
29	6303	3697	29
30	6276	3724	30

Tabla B.36 Datos para 8-PSK y variación MER -1 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-1
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	7616	2384	2,93
1	7522	2478	3,92
2	7476	2524	4,69
3	7444	2556	5,38
4	7456	2544	6,22
5	7422	2578	6,91
6	7420	2580	7,67
7	7440	2560	8,32
8	7318	2682	9,08
9	7123	2877	9,78
10	6927	3073	10,6
11	6979	3021	11,3
12	7014	2986	12,3
13	7084	2916	13,1
14	7062	2938	14,1
15	7155	2845	15,1
16	7163	2837	16,1
17	7173	2827	17
18	7144	2856	18
19	7106	2894	18,9
20	7170	2830	19,9
21	7173	2827	21
22	7171	2829	21,9
23	7165	2835	23
24	7151	2849	24
25	7115	2885	25
26	7148	2852	26
27	7146	2854	27
28	7153	2847	28
29	7153	2847	29
30	7175	2825	30

Tabla B.37 Datos para 8-PSK y variación MER -2 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-2
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8120	1880	2,97
1	8135	1865	3,88
2	8108	1892	4,73
3	8060	1940	5,44
4	8122	1878	6,24
5	8092	1908	6,97
6	8153	1847	7,71
7	8150	1850	8,29
8	8171	1829	9,09
9	8188	1812	9,85
10	7994	2006	10,6
11	7913	2087	11,3
12	7876	2124	12,2
13	7893	2107	13,1
14	7941	2059	14
15	7952	2048	15,1
16	7968	2032	16
17	7904	2096	17,1
18	7932	2068	18
19	7976	2024	19
20	7950	2050	19,9
21	7932	2068	21
22	7953	2047	22
23	7966	2034	23
24	7947	2053	24
25	7945	2055	24,9
26	7941	2059	26
27	7977	2023	27
28	7941	2059	28,1
29	7921	2079	29
30	7956	2044	30

Tabla B.38 Datos para 8-PSK y variación MER -3 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-3
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8601	1399	3,03
1	8626	1374	3,83
2	8634	1366	4,63
3	8617	1383	5,46
4	8655	1345	6,19
5	8717	1283	6,93
6	8738	1262	7,65
7	8763	1237	8,46
8	8845	1155	9,04
9	8867	1133	9,79
10	8831	1169	10,7
11	8743	1257	11,4
12	8570	1430	12,2
13	8617	1383	13,1
14	8651	1349	14
15	8635	1365	15
16	8654	1346	16,1
17	8637	1363	17
18	8647	1353	18
19	8665	1335	19
20	8625	1375	20
21	8668	1332	21
22	8626	1374	22
23	8653	1347	22,9
24	8637	1363	24
25	8641	1359	25
26	8609	1391	26
27	8632	1368	27,1
28	8599	1401	28
29	8643	1357	29
30	8643	1357	30

Tabla B.39 Datos para 8-PSK y variación MER -4 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-4
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	8989	1011	3,12
1	9025	975	3,83
2	9070	930	4,67
3	9102	898	5,42
4	9097	903	6,18
5	9149	851	6,9
6	9210	790	7,59
7	9213	787	8,35
8	9279	721	9,05
9	9317	683	9,7
10	9336	664	10,6
11	9342	658	11,4
12	9322	678	12,2
13	9180	820	13,1
14	9168	832	14
15	9197	803	15
16	9210	790	16
17	9197	803	17
18	9191	809	17,9
19	9209	791	18,9
20	9161	839	20
21	9174	826	21
22	9203	797	22
23	9182	818	23
24	9177	823	24
25	9201	799	25
26	9160	840	26
27	9216	784	26,9
28	9221	779	28
29	9188	812	29
30	9214	786	30,1

Tabla B.40 Datos para 8-PSK y variación MER -5 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-5
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9289	711	3,02
1	9356	644	3,86
2	9393	607	4,69
3	9446	554	5,4
4	9489	511	6,17
5	9491	509	6,86
6	9522	478	7,78
7	9574	426	8,33
8	9628	372	9,05
9	9652	348	9,8
10	9658	342	10,6
11	9692	308	11,4
12	9679	321	12,1
13	9656	344	13,1
14	9583	417	14
15	9579	421	15
16	9549	451	16
17	9537	463	17
18	9581	419	18,1
19	9571	429	18,9
20	9577	423	20
21	9572	428	21
22	9562	438	22
23	9593	407	23
24	9562	438	24
25	9573	427	25,1
26	9557	443	26
27	9589	411	26,9
28	9570	430	280
29	9557	443	29,1
30	9573	427	30

Tabla B.41 Datos para 8-PSK y variación MER -6 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-6
SNR	FIABLES	NO FIABLES	
0	9577	423	3,13
1	9598	402	3,79
2	9644	356	4,69
3	9696	304	5,49
4	9695	305	6,15
5	9748	252	6,92
6	9755	245	7,62
7	9786	214	8,44
8	9806	194	9,02
9	9855	145	9,78
10	9860	140	10,5
11	9868	132	11,4
12	9869	131	12,2
13	9866	134	13,2
14	9820	180	14,1
15	9841	159	15
16	9809	191	16
17	9812	188	17,1
18	9803	197	18
19	9811	189	18
20	9798	202	20
21	9828	172	21
22	9818	182	22
23	9835	165	23
24	9810	190	24
25	9792	208	25
26	9798	202	26
27	9805	195	27
28	9811	189	27
29	9802	198	29
30	9819	181	30

Tabla B.42 Datos para 8-PSK y variación MER -9 dB

ESQUEMA DE MODULACIÓN: 8-PSK			
VARIACIÓN MER dB			-9
SNR	FIABLES	NO FIABLES	MER
0	9956	44	2,97
1	9945	55	3,88
2	9956	44	4,59
3	9968	32	5,44
4	9975	25	6,12
5	9985	15	6,98
6	9995	5	7,64
7	9990	10	8,28
8	9989	11	9,04
9	9997	3	9,78
10	9996	4	10,5
11	9998	2	11,3
12	9998	2	12,2
13	9997	3	13
14	9999	1	14,1
15	9999	1	15,1
16	9999	1	16
17	9997	3	17
18	9998	2	18,1
19	9997	3	19
20	9996	4	20,1
21	9997	3	21,1
22	9995	5	22
23	9996	4	23
24	9996	4	24
25	10000	0	25
26	9997	3	25,9
27	10000	0	26,9
28	9999	1	28
29	9998	2	29
30	9997	3	30

B.3 TABLAS DE DATOS DE SIMULACION DEL MODELO DEL DECODIFICADOR RS CON CAPACIDAD DE BORRADO

Tabla B.43 Datos de curvas de desempeño del decodificador RS(15,9) sin capacidad de borrado para BPSK, 8-PSK, 4-QAM, 16-QAM.

E_b/N_0	4QAM	8PSK	BPSK	16QAM
0	1,91e-01	5,59e-01	2,52e-02	6,36e-01
1	1,02e-01	4,97e-01	1,81e-02	5,81e-01
2	6,98e-02	4,53e-01	6,40e-03	4,99e-01
3	3,21e-02	3,71e-01	2,30e-03	4,22e-01
4	1,72e-02	2,70e-01	5,21e-04	3,74e-01
5	7,24e-03	1,97e-01	9,37e-05	2,94e-01
6	2,12e-03	1,21e-01	1,37e-05	2,18e-01
7	6,00e-04	7,49e-02	2,35e-06	1,52e-01
8	8,56e-05	3,99e-02	3,00e-07	9,54e-02
9	6,52e-06	1,91e-02		5,45e-02
10	7,52e-07	8,29e-03		2,74e-02
11		3,09e-03		1,42e-02
12		8,11e-04		5,75e-03
13		9,98e-05		2,15e-03
14		9,27e-06		5,68e-04
15		7,27e-07		9,64e-05
16				1,99e-05
17				3,82e-06
18				5,76e-07

Tabla B.53 Desempeño de un decodificador RS(31,21) con borrado en 16-QAM en funcion del parámetro variacion de la MER

E_b/N_0	NO BORRADURAS	+3	0	-3	-6	-9
0	6,03e-01	6,04e-01	6,34e-01	7,13e-01	6,19e-01	6,33e-01
1	5,04e-01	5,52e-01	5,75e-01	6,24e-01	5,95e-01	5,56e-01
2	5,00e-01	4,97e-01	4,92e-01	5,92e-01	5,64e-01	5,23e-01
3	4,08e-01	4,47e-01	4,37e-01	5,24e-01	5,09e-01	4,52e-01
4	3,40e-01	3,52e-01	3,64e-01	5,05e-01	3,84e-01	3,84e-01
5	2,72e-01	2,42e-01	2,63e-01	4,02e-01	2,88e-01	2,84e-01
6	1,66e-01	1,79e-01	1,82e-01	3,11e-01	1,81e-01	1,74e-01
7	9,07e-02	1,00e-01	9,63e-02	1,87e-01	1,03e-01	8,97e-02
8	4,89e-02	5,04e-02	4,80e-02	9,12e-02	5,01e-02	5,09e-02
9	2,45e-02	2,47e-02	2,55e-02	3,02e-02	2,36e-02	2,58e-02
10	1,23e-02	1,06e-02	1,21e-02	8,08e-03	9,18e-03	1,20e-02
11	5,30e-03	4,66e-03	4,56e-03	1,23e-03	3,04e-03	4,15e-03
12	1,41e-03	1,35e-03	1,34e-03	1,50e-04	4,68e-04	1,46e-03
13	3,90e-04	3,90e-04	3,08e-04	1,07e-05	3,71e-05	3,15e-04
14	6,04e-05	6,04e-05	6,04e-05	6,01e-07	1,52e-06	2,80e-05
15	8,97e-06		8,97e-06		1,30e-07	2,21e-06
16	1,28e-06		1,28e-06			

Tabla B.54 Desempeño de un decodificadores RS(127,83), RS(63,41), RS(31,21), RS(15,9) con capacidad de borrado, esquema de modulacion 16-QAM y el valor del parametro variacion MER =6dB

E_b/N_0	RS(15,9)	RS(31,21)	RS(63,41)	RS(127,83)
0	6,50e-01	6,19e-01	6,73e-01	7,20e-01
1	5,96e-01	5,95e-01	5,63e-01	6,58e-01
2	5,35e-01	5,64e-01	5,63e-01	5,11e-01
3	4,75e-01	5,09e-01	4,28e-01	4,32e-01
4	3,87e-01	3,84e-01	3,68e-01	3,31e-01
5	3,17e-01	2,88e-01	2,37e-01	2,41e-01
6	2,26e-01	1,81e-01	1,39e-01	1,27e-01
7	1,61e-01	1,03e-01	6,65e-02	4,46e-02
8	9,25e-02	5,01e-02	3,64e-02	1,56e-02
9	5,80e-02	2,36e-02	1,54e-02	2,57e-03
10	2,80e-02	9,18e-03	5,51e-03	3,46e-04
11	1,27e-02	3,04e-03	9,97e-04	2,26e-05
12	5,01e-03	4,68e-04	8,68e-05	5,65e-07
13	2,04e-03	3,71e-05	1,71e-06	
14	5,64e-04	1,52e-06	1,15e-07	
15	1,00e-04	1,30e-07		
16	1,99e-05			
17	3,82e-06			
18	5,76e-07			

APÉNDICE C. MANUAL DE USUARIO INTERFACE SIMULACION DECODIFICADOR REED SOLOMON CON ERASURES Y ALGORITMO EUCLIDIANO

El presente apéndice, hace referencia al manejo de la interfaz gráfica del software de simulación *DECODIFICADOR REED SOLOMON CON BORRADURAS Y ALGORITMO EUCLIDIANO*, la cual se realizó en la herramienta software MATLAB® 2010b. La elección de esta herramienta software se debe a su robustez, además de un extenso repositorio de funciones nativas o propias de MATLAB®.

El diseño de la interfaz gráfica permite una interacción sencilla con todos los parámetros de la simulación para la evaluación y análisis del desempeño del decodificador RS que utiliza el algoritmo Euclidiano con capacidad de borrado.

Las variables configurables de esta interfaz gráfica se encuentran divididas en parámetros del decodificador RS y parámetros de simulación.

- Parámetros del decodificador:
 - Longitud de símbolo m .
 - Longitud de mensaje k .
 - Polinomio primitivo en su representación vectorial.
 - Primera raíz consecutiva b , que hace referencia al FCR .
 - Capacidad de borrado.
 - Variación MER.

- Parámetros de simulación
 - Esquema de modulación.
 - Rango de E_b/N_0 .
 - Parámetros de parada.
 - Numero de bit de transmisión N°bits Tx.
 - Número de errores N° Errores.

C.1 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA EJECUCION DE LA SIMULACION

Antes de comenzar a interactuar con la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, *Graphical User Interface*), se deben disponer de ciertos requerimientos del hardware del Computador

Personal (PC, *Personal Computer*) en el cual se va a realizar la ejecución del programa. Estos requerimientos mínimos garantizan una ejecución confiable y eficiente debido a los complejos cálculos computacionales que ejecutarán en el código del programa. Estos cálculos computacionales dependen de la configuración de los parámetros del decodificador y los parámetros de simulación que se establezcan en la GUI.

Los requerimientos mínimos son:

- Procesador Intel® Core 2 Duo a 2.8 GHz o superior.
- 2 GBytes de Memoria RAM o superior.
- Sistema operativo Windows en cualquiera de sus versiones actualizadas.

C.2 INSTALACION DEL PAQUETE *SIMULADOR_pkg*

En algunos computadores no se encuentra instalada la herramienta software MATLAB®, por este motivo, el simulador y las funciones nativas de MATLAB® estrictamente necesarias, están empaquetadas dentro de un solo archivo de instalación.

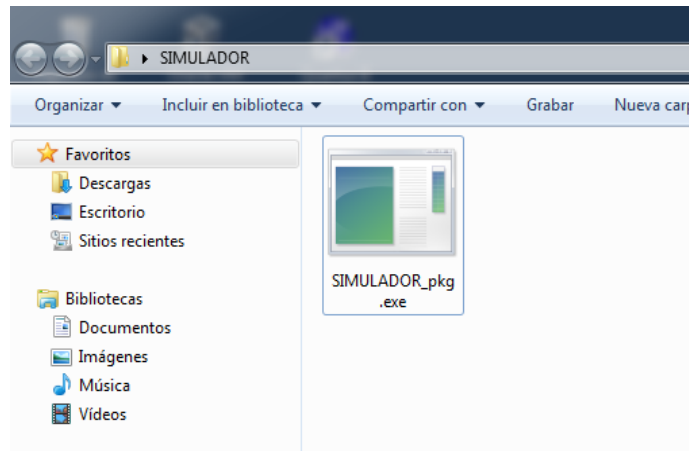
El paquete de instalación *SIMULADOR_pkg*, contiene los archivos que se nombran a continuación:

- *SIMULADOR_RS_E.exe*: archivo ejecutable del simulador.
- *MCRInstaller.exe*: archivo del instalador del kernel de MATLAB® (MCR, *MATLAB® Compiler Runtime*) que contiene todas las funciones nativas necesarias para la ejecución del programa.
- *readme.txt*: archivo de texto que contiene las instrucciones para su correcta instalación.
- *_install.bat*: a.
- Archivo autoejecutable que realiza todo el proceso de instalación paso a paso.

Para la instalación se deben realizar los siguientes pasos:

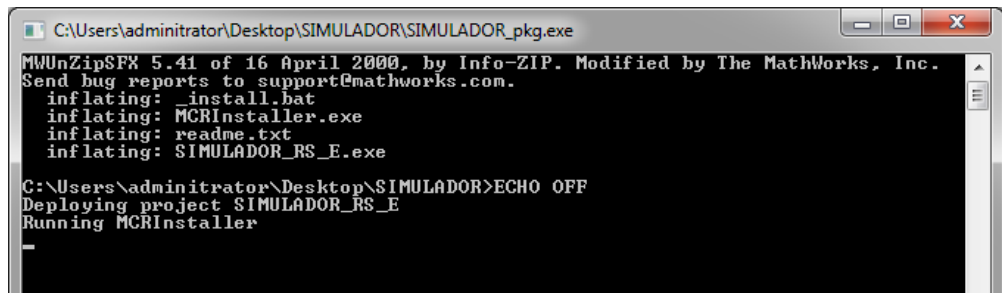
- Hacer doble clic sobre el archivo *SIMULADOR_pkg.exe* para iniciar la descompresión de los archivos. En la figura C.1, se muestra la ubicación del archivo *SIMULADOR_pkg.exe* en el directorio raíz.

Figura C.1 Archivo SIMULADOR_pkg.exe.



- En la figura C.2 se muestra el proceso de descompresión de archivos.

Figura C.2. Descompresión de los archivos.



- Seleccionar el idioma en la cual desea la instalación, en la ventana que se muestra en la figura C.3. Realizar las confirmaciones durante las instalaciones paso a paso en las ventanas que se muestran en las figuras C.4, C.5. El sistema operativo necesita tener instalado una distribución del Compilador *Microsoft® Visual C++*. Si el sistema operativo no tiene instalado este compilador, se puede descargar de la página web <http://www.microsoft.com/es-es/download/details.aspx?id=30679>.

Figura C.3. Ventana para escoger idioma.

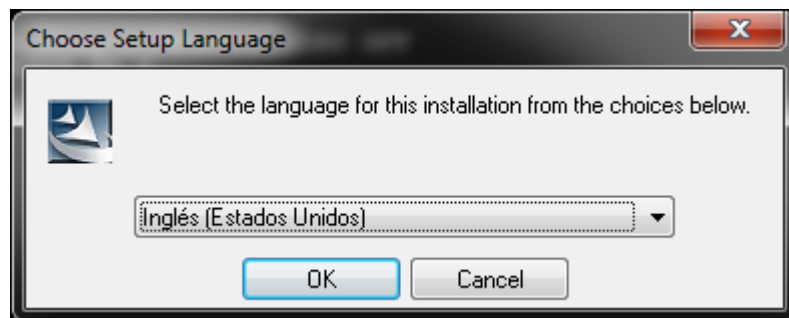


Figura C.4. Instalación de Microsoft® Visual C++.

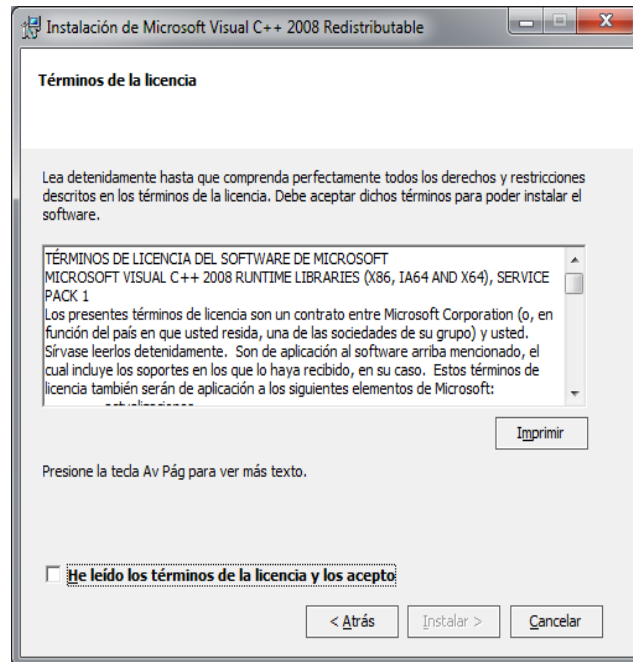
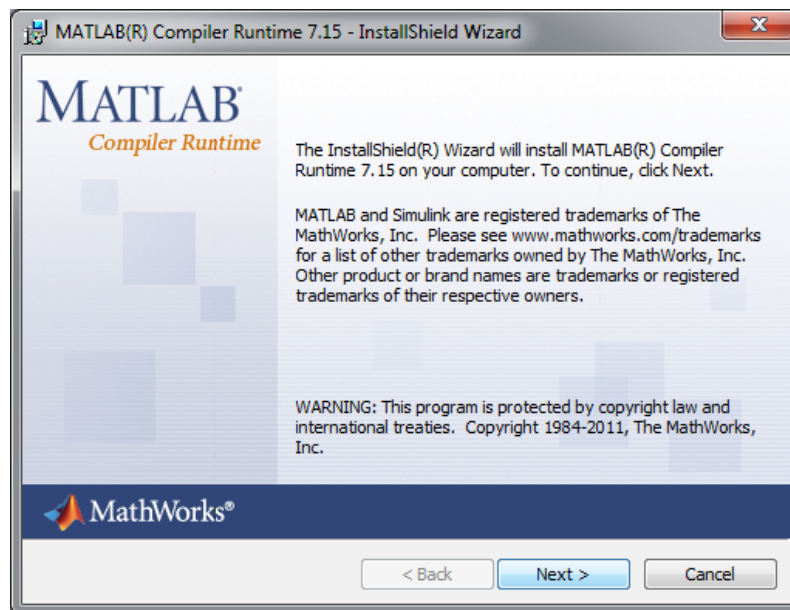
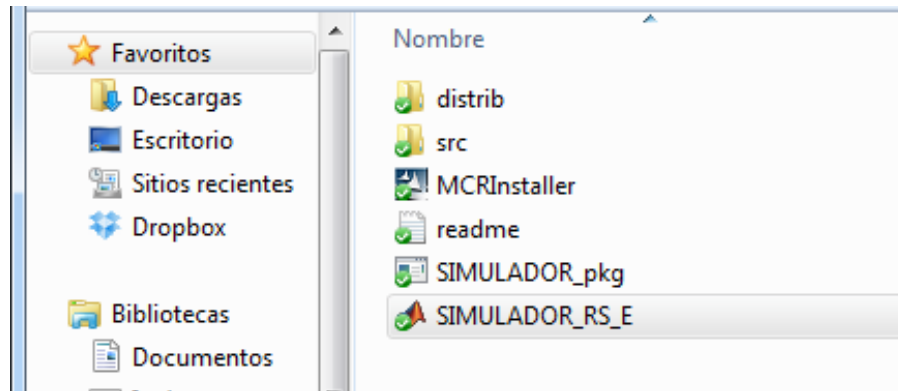


Figura C.5. Ventana instalación paso a paso.



- Se hace doble clic sobre el archivo *SIMULADOR_RS_E.exe* para ejecutar el simulador. En la figura C.6 se muestra la ubicación del archivo *SIMULADOR_RS_E.exe* en el archivo raíz.

Figura C.6. Archivo ejecutable



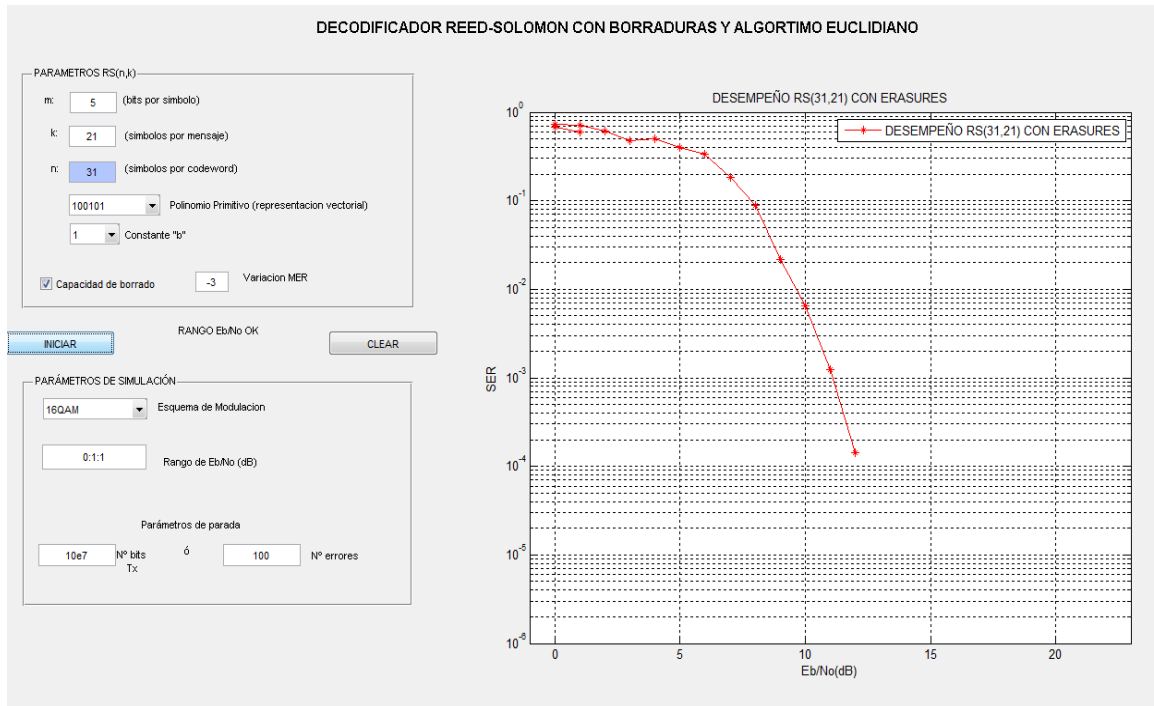
C.3 COMPONENTES EN LA GUI

La interfaz gráfica del simulador, consta de tres secciones:

- Parámetros del decodificador.
- Parámetros de simulación.
- Visualización del desempeño SER vs E_b/N_0 .

En la Figura C.7 se observa las tres secciones que conforman la ventana de la GUI del Simulador.

Figura C.7 Decodificador RS con borraduras y algoritmo Euclidiano



C.3.1 Parámetros del decodificador

Los parámetros que constituyen esta sección en la interfaz gráfica del simulador son:

- Longitud de símbolo m .
- Longitud del mensaje k .
- Longitud de palabra codificada.
- Polinomio primitivo $p(X)$ en su representación vectorial.
- Primera raíz consecutiva b .
- Casilla para activar capacidad de borrado.
- Variación MER.

Los parámetros longitud de símbolo y longitud del mensaje son introducidos por el usuario, de manera que el valor de m sea un entero positivo menor que 9 y el valor de k sea un entero positivo tal que la diferencia entre $n - k$ sea un número par. El parámetro n es generado automáticamente en el instante en que la longitud de símbolo es ingresada en el campo de texto, al igual que una lista en el menú desplegable del polinomio primitivo con los polinomios que la herramienta MATLAB® genera de grado m . Estos polinomios son mostrados en su forma vectorial. El parámetro b se encuentra configurado en 1 por defecto y al establecer los valores de m y k genera una lista de posibles valores en un rango 1 hasta $n - k$. Si se activa la casilla de la capacidad de borrado, se debe ingresar

un valor para el parámetro de la variación MER, el cual es utilizado por el demodulador para la marcación de las posiciones de borratura. En la figura C.8 se observa el componente parámetros del decodificador.

Figura C.8 Parámetros del decodificador

PARAMETROS RS(n,k)

m: (bits por simbolo)

k: (simbolos por mensaje)

n: (simbolos por codeword)

Polinomio Primitivo (representacion vectorial)

Constante "b"

Capacidad de borrado

Variacion MER

C.3.2 Parámetros de simulación

Esta sección de la interfaz gráfica del simulador está conformada por los campos:

- Esquemas de modulación.
- Rango de la relación de energía de bit a densidad espectral de potencia de ruido E_b/N_0 .
- Parámetros de parada:
 - Número de bits a transmitir.
 - Número de errores.

El campo esquemas de simulación despliega una lista referente a los esquemas de modulación, dando como opción los esquemas BPSK, 4-QAM, 8-PSK, 16-QAM. El rango de E_b/N_0 se ingresa en la forma vectorial que utiliza MatLab®. De izquierda a derecha el primer elemento del vector es el valor inicial de la relación E_b/N_0 , seguido del número de saltos y el último sub-campo es el valor final. En la figura C.9 se muestra esta sección.

Figura C.9 Parámetros de simulación

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

BPSK Esquema de Modulación

0:2:12 Rango de Eb/No (dB)

Parámetros de parada

10e6 N° bits Tx ó 100 N° errores

Detailed description: The image shows a software interface for configuring simulation parameters. It is titled 'PARÁMETROS DE SIMULACIÓN'. There are three main sections: 1. 'Esquema de Modulación' with a dropdown menu set to 'BPSK'. 2. 'Rango de Eb/No (dB)' with a text input field containing '0:2:12'. 3. 'Parámetros de parada' which includes two options: 'N° bits Tx' with a text input field containing '10e6', and 'N° errores' with a text input field containing '100'. The two options are separated by the word 'ó'.

C.3.3 Visualización del desempeño SER vs E_s/N_0 .

En la figura C.10 se muestra la sección donde se despliegan las curvas de desempeño de SER vs E_b/N_0 del decodificador RS para una simulación según los parámetros que se configuren.

Figura C.10 Visualización del desempeño SER vs Eb/No

