

Unidad 1 / Escenario 1

Lectura Fundamental

# Introducción a los sistemas digitales

## Contenido

- 1 Algunos conceptos básicos
- 2 Sistemas numéricos
- 3 Operaciones con números binarios
- 4 Compuertas lógicas básicas

## Referencias

**Palabras clave:** Digital, sistemas numéricos, compuertas lógicas

# 1. Algunos conceptos básicos

Antes de empezar a trabajar con circuitos lógicos digitales, es necesario comprender las características básicas de los sistemas digitales y diferenciarlos de los circuitos analógicos. De igual manera, es importante introducir algunos conceptos de la electrónica analógica y digital que harán más fácil la realización de los montajes tanto en circuitos físicos como en simuladores.

## 1.1. Magnitudes analógicas y digitales

Las magnitudes que se encuentran en el ambiente son de tipo *analógico*, es decir que pueden tener un conjunto infinito de valores continuos. “Las mediciones del tiempo, velocidad, peso, presión, intensidad luminosa y posición, son todas analógicas por naturaleza” (Tokheim, 2011).

Un ejemplo de esto sucede al hacer rebotar una pelota. Su posición en el espacio sigue una trayectoria continua. Si se mide la altura en centímetros de dicha pelota cada cierto intervalo de tiempo, se obtienen valores discretos (no continuos), que representan una magnitud digital. La figura 1 permite ver este proceso.

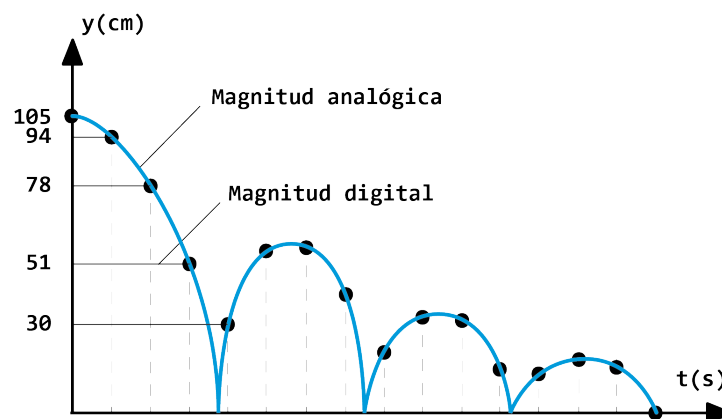


Figura 1: Magnitudes analógicas y digitales. *Elaboración propia.*

### En síntesis...

una magnitud analógica es continua en el tiempo, mientras que una magnitud digital es discreta (o con valores discontinuos).

## 1.2. ¿Qué es un sistema digital?

Según Tocci, Widmer, y Moss (2007), un sistema digital es “la combinación de dispositivos diseñados para manipular información lógica o cantidades físicas que se representan en forma digital”. En el contexto de este módulo, se trabajará con sistemas digitales de tipo electrónico, aunque pueden existir de tipo mecánico, electromecánico, entre otros.

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques general que representa un sistema digital. Normalmente, el sistema opera sobre las variables del mundo que lo rodea, por lo que requiere de un procesamiento particular, tanto para recibir la información de sensores (pulsadores, sensores de luz, temperatura, etc) como para actuar sobre dicho mundo mediante actuadores (luces, motores, etc). Internamente, el procesador digital se encarga de manipular, almacenar y/o modificar la información, cumpliendo con las tareas para las que esté diseñado.

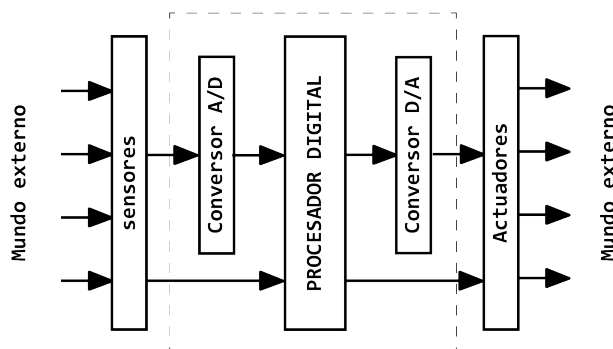


Figura 2: Diagrama de bloques de un sistema digital. *Elaboración propia.*

Los computadores que se utilizan hoy en día son el ejemplo más común de sistemas digitales. Sin embargo, no siempre fue así. En el escenario se encuentra la lectura “Historia de la Computación” que permitirá comprender cómo surge la necesidad del uso de los computadores, partiendo del cálculo manual, hasta llegar al cálculo electrónico.

De acuerdo a la lectura, es claro que en un principio existían otros medios analógicos para realizar cálculos. Sin embargo, a medida que dichos cálculos matemáticos se volvieron más complejos, fue necesario el cambio hacia los computadores digitales, que proveen mayor capacidad de cómputo. Adicionalmente, los sistemas digitales reemplazan a los analógicos al proveer capacidad de almacenamiento o de memoria. Este cambio hacia los sistemas digitales sucede de igual manera con otras tecnologías como la televisión, la radio, entre otros.

### 1.3. Ventajas y desventajas de los sistemas digitales

Además del poder de cálculo, los sistemas digitales se caracterizan por contar con un alto nivel de exactitud en la información y tener menor susceptibilidad ante el ruido externo, permitiendo una manera más confiable para la transmisión de información.

Con respecto al almacenamiento, no sólo es más fácil realizarlo con un sistema digital, sino que permiten almacenar información bien sea por cortos periodos o mantener la información almacenada de manera indefinida.

Otra razón por la que los sistemas digitales son muy usados tiene que ver con la facilidad para su diseño, utilizando circuitos lógicos de bajo costo o mediante dispositivos programables.

Finalmente, al hablar de desventajas la más importante de ellas es que “el mundo real es analógico” (Tocci y cols., 2007, p.6) y se requiere un procesamiento adicional para la conversión de señales analógicas a digital y viceversa, que implica recursos y tiempo extra. En la figura 2, esto se encuentra representado por el conversor A/D (Análogo/Digital) y el conversor D/A (Digital/Análogo).

## 1.4. Conceptos eléctricos básicos

De manera general, un circuito eléctrico es un conjunto de elementos interconectados que forma una trayectoria cerrada y por el cual fluyen cargas eléctricas (corriente). Estas cargas eléctricas se mueven por efecto de diferencias en el potencial eléctrico entre dos puntos del circuito (voltaje).

En la figura 3 se presenta un circuito eléctrico básico, conformado por una fuente de voltaje (Bat1, batería de 9V), un pulsador (S1), un LED (D1) y una resistencia (R1). Al oprimir el pulsador el circuito se cierra, **la fuente ejerce una presión (tensión)** sobre los electrones, que resulta en una **corriente fluyendo a través del circuito**, lo que finalmente enciende el LED. Dicha corriente está **limitada por la resistencia** R1. Si el valor del resistor es muy pequeño, la corriente será muy alta y podría quemar el LED. Por el contrario, si el valor es muy grande, la corriente será muy pequeña y no lograría encenderlo.

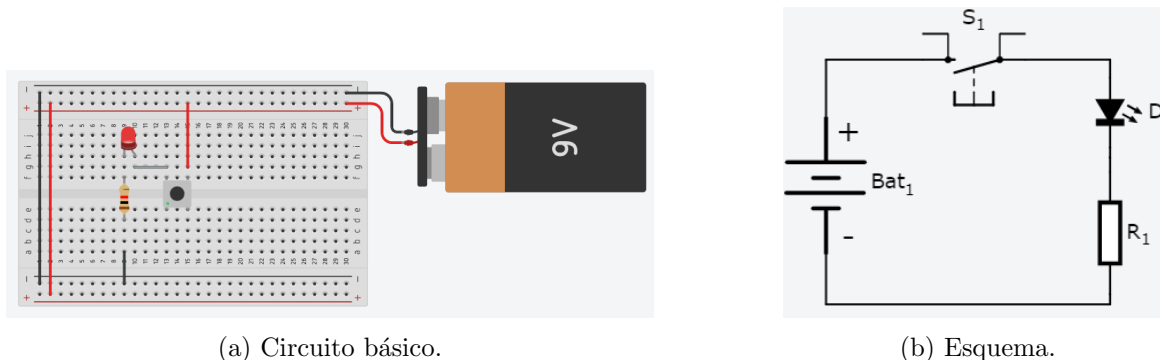


Figura 3: Circuito básico y su representación esquemática. *Elaboración propia.*

En las próximas unidades se trabajará en la simulación de circuitos lógicos. Es ahí donde se aplicarán los conceptos de voltaje (o tensión), corriente y resistencia.

### 1.4.1. Forma de onda digital

Cuando una magnitud digital se estudia a lo largo del tiempo, se le suele llamar “señal digital”. Estas señales se representan como ondas cuadradas ideales, que pueden tomar dos valores posibles “1” o “0”. La transición de un nivel BAJO a uno ALTO (flanco de subida) o de un nivel ALTO a uno BAJO (flanco de bajada) es una característica a tener en cuenta, dado su uso en circuitos de tipo secuencial. La figura 4 muestra dos formas de onda de tipo digital.

En la práctica las ondas no son exactamente cuadradas, pudiendo presentar rizados (como los que se ven en la figura) debido a ruidos externos o a características propias del circuito.

### 1.4.2. Forma de onda digital

La forma de representar los valores lógicos: “1” y “0” en un circuito digital es mediante diferencias en el valor de tensión de la señal. Normalmente al nivel “1” le corresponde un valor ALTO de tensión, mientras que al nivel “0” le corresponde un nivel BAJO. Esto se conoce como **lógica positiva** (Floyd, 2010, p.7). De acuerdo a la tecnología

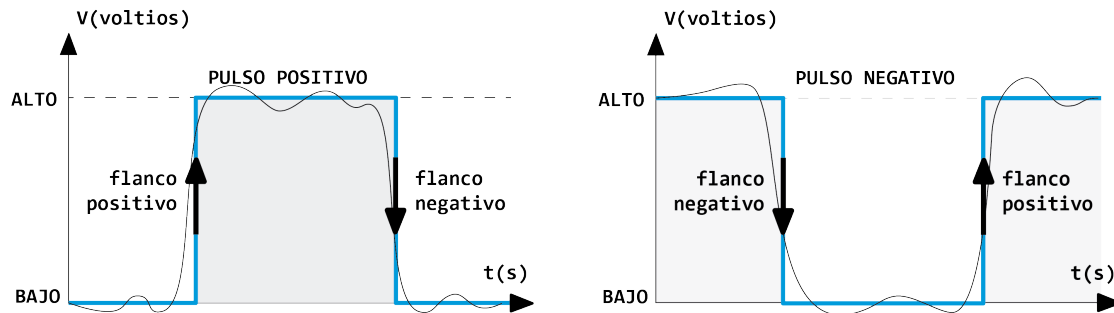


Figura 4: Formas de onda digitales. *Elaboración propia.*

utilizada para la construcción de un circuito integrado, los valores de tensión que indican un nivel lógico pueden variar.

En la Figura 5 se muestran algunos rangos de voltaje aceptables para que una señal se reconozca como un “0” lógico (nivel BAJO) o como un “1” lógico (nivel ALTO), según el tipo de tecnología: TTL (Lógica Transistor-Transistor) y CMOS (Semiconductor Complementario de Óxido Metálico). En esta última, existen las subfamilias HC, HCT y HCTLS. La diferencia radica en el tipo de transistores utilizados y en las frecuencias máximas de funcionamiento.

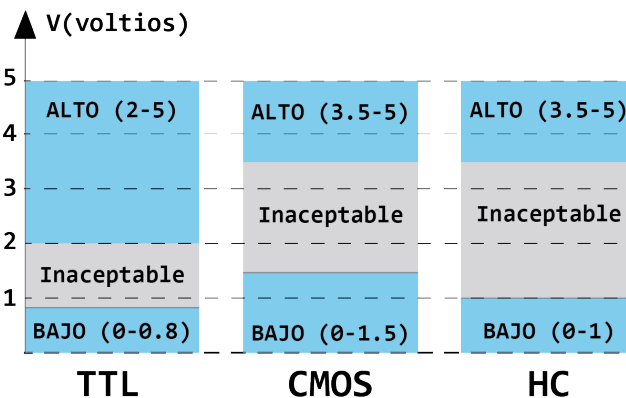


Figura 5: Niveles lógicos según tipo de circuito integrado. *Elaboración propia.*

Esta información es importante en el momento de trabajar con circuitos integrados, especialmente para tener en cuenta el nivel de voltaje en la alimentación de los diferentes montajes.

## 2. Sistemas numéricos

Los valores lógicos “1” y “0” hacen parte de un sistema de numeración, llamado **sistema binario**, en el cual existen dos posibles estados ALTO y BAJO (Que podrían representar un valor Verdadero o Falso, Sí o No). Estos valores permiten representar cualquier cantidad numérica, caracter o información más compleja cuando hacen parte de una secuencia de bits. La importancia del sistema binario radica en la facilidad de representar los posibles estados de un dígito binario, utilizando valores de tensión.

¿Sabías qué...

la palabra **bit** que tanto se usa en los sistemas digitales es una contracción de **binary digit** (dígito binario)?

El **sistema decimal** es otro sistema de numeración, utilizado de mayor manera en la vida cotidiana. Este sistema utiliza los dígitos del 0 al 9, y cada uno representa una cantidad diferente. Pero ¿Qué sucede si se desea contar más allá del número 9? En ese caso, es necesario agregar un dígito para las decenas, reiniciando la posición correspondiente a las unidades. Así, después del 9 vendrá el 10; después del 19, vendrá el 20 y se continúa hasta llegar al número 99.

Además de estos dos sistemas, existen otros dos de uso común en el entorno de los circuitos digitales: El **sistema hexadecimal** y el **sistema octal**. En este momento es necesario regresar al escenario, donde se encuentra un recurso con las características particulares de cada sistema numérico. Al finalizar de revisar este documento será posible una mejor comprensión de la información presente en la tabla 1 y la progresión de los números en cada sistema.

<b>Decimal</b>	0	1	2	3	...	7	8	9	10	11	...	15	16	17
<b>Binario</b>	0	1	10	11	...	111	1000	1001	1010	1011	...	1111	10000	10001
<b>Octal</b>	0	1	2	3	...	7	10	11	12	13	...	17	20	21
<b>Hexadecimal</b>	0	1	2	3	...	7	8	9	A	B	...	F	10	11

Tabla 1: Sucesión de números en diferentes sistemas numéricos. *Elaboración propia.*

¿Sabías qué...

el término **base** en un sistema numérico se refiere a la cantidad de símbolos disponibles en el sistema? Así, el sistema decimal tiene 10 símbolos (de 0 a 9), el binario 2 (0 y 1), el octal 8 (de 0 a 7) y el hexadecimal 16 (de 0 a F).

En el escenario se presentan algunos ejercicios para practicar la conversión entre sistemas numéricos y verificar si se está preparado para continuar con el tema.

## 3. Operaciones con números binarios

Comprender las operaciones aritméticas básicas en el sistema binario será de gran utilidad a lo largo de este módulo, especialmente para evaluar el funcionamiento de circuitos lógicos combinacionales que realicen este tipo de operaciones. Aunque dichas operaciones son similares a las utilizadas en el sistema decimal, es necesario repasar las variaciones de las mismas aplicadas a los números binarios.

### 3.1. Conteo binario

Para contar en binario, se debe tener en cuenta la posición de los dígitos. Nótese en la tabla 2 cómo la columna de menor peso (a la derecha) alterna entre 0 y 1 con cada cuenta; la segunda columna alternará cada 2 cuentas y la tercera columna cada 4 cuentas. En el caso de requerir un número más grande que 7, se necesitará agregar un bit más. En esta nueva columna los datos alternarán cada 8 cuentas, y así sucesivamente, siguiendo la base 2 (1, 2, 4, 8, 16, 32).

	$2_2$	$2_1$	$2_0$
<b>0</b>	0	0	0
<b>1</b>	0	0	1
<b>2</b>	0	1	0
<b>3</b>	0	1	1
<b>4</b>	1	0	0
<b>5</b>	1	0	1
<b>6</b>	1	1	0
<b>7</b>	1	1	1

Tabla 2: Conteo en binario. *Elaboración propia.*

#### ¿Sabías qué...

el dígito más a la derecha es el de menor peso y se le conoce como “Bit Menos Significativo” (LSB, *Less Significant Bit* en inglés). Al dígito más a la izquierda se le conoce como “Bit Más Significativo” (MSB, *Most Significant Bit* en inglés) y es el que tiene mayor peso. Si en la transmisión de un mensaje se pierde el LSB, el dato no se afectará tanto. Por el contrario, modificar su MSB cambiaría drásticamente la información recibida.

### 3.2. Suma

Sumar en binario es equivalente en gran parte a la suma en el sistema decimal. Esto se puede ver en la tabla 6, donde el único caso particular es la suma  $1 + 1$ . Al no existir más símbolos en el sistema binario, esta suma hace que se genere un acarreo positivo. En el sistema decimal,  $1 + 1 = 2$ , que representado en binario es  $1 + 1 = 10$  (0 con acarreo de 1). Al sumar números binarios con más dígitos, la suma se realiza de derecha a izquierda, llevando los acarreos de ser necesario.





Multiplicación
$0 \times 0 = 0$
$0 \times 1 = 0$
$1 \times 0 = 0$
$1 \times 1 = 1$

(a) Reglas de la multiplicación.

				1	0	0	1
			x	1	0	1	0
<hr/>							
				0	0	0	0
			1	0	0	1	
		0	0	0	0		
+	1	0	0	1			
<hr/>							
	1	0	1	1	0	1	0

(b) Ejemplo de multiplicación.

Figura 8: Multiplicación en binario. *Elaboración propia.*

### 3.5. Otras representaciones

Si todo lo anterior quedó claro, la invitación es a dirigirse nuevamente al escenario y realizar algunos ejercicios de operaciones con números binarios. Además, en el escenario se encuentra el documento “Representación de números en binario”, que muestra algunos métodos que permiten aumentar las posibilidades de uso del sistema binario. De esta manera es posible representar cantidades más complejas, como números con signo y números reales.

## 4. Compuertas lógicas básicas

Además de las operaciones aritméticas vistas con anterioridad, es posible hacer operaciones de tipo lógico utilizando datos digitales. Existen 3 operaciones básicas: AND, OR y NOT. Para cada una de estas operaciones se presenta la compuerta correspondiente y su **tabla de verdad**. Tenga en cuenta que una tabla de verdad describe “la forma en que la salida de un circuito lógico depende de los niveles lógicos presentes en las entradas del circuito” (Tocci y cols., 2007, p.57).

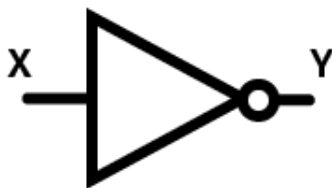
### 4.1. La compuerta NOT (Inversor)

La operación NOT, también llamada “Inversor”, se aplica a una única variable de entrada y devuelve su complemento o valor inverso. El símbolo para representar la negación es la barra encima de la variable. Así, “A negado” se escribe  $\bar{A}$ .

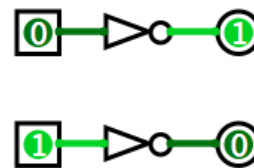
En la figura 9 se encuentra la tabla de verdad, el símbolo de la compuerta correspondiente y los niveles lógicos resultado de la operación NOT.

NOT (Inversor)	
X	Y
0	1
1	0

(a) Tabla de verdad.



(b) Símbolo.



(c) Representación lógica.

Figura 9: Compuerta NOT. *Elaboración propia.*

## 4.2. La compuerta OR (O)

La operación OR, también conocida como disyunción lógica, genera en la salida un valor lógico verdadero (“1” lógico) si cualquiera de las variables es verdadera. Se representa con el símbolo  $+$ , pero no se obtienen los mismos resultados que en una suma (En este caso,  $1 + 1 = 1$ ). En la figura 10 se encuentra la tabla de verdad, el símbolo de la compuerta correspondiente y los niveles lógicos resultado de la operación OR.

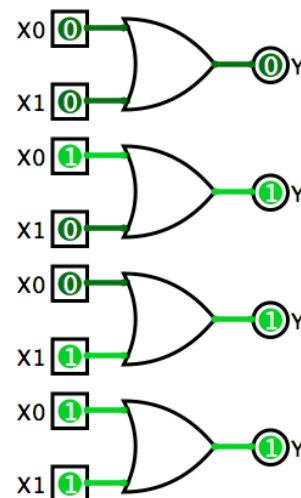
Un ejemplo de uso de esta operación sucede cuando se requiere encender un bombillo utilizando dos interruptores diferentes. Si ambos interruptores están en la posición de apagado, el bombillo también lo estará. En cambio, si cualquiera de los interruptores pasa a la posición de encendido, el bombillo se encenderá.

OR (O)		
X1	X0	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(a) Tabla de verdad.



(b) Símbolo.



(c) Representación lógica.

Figura 10: Compuerta OR. *Elaboración propia.*

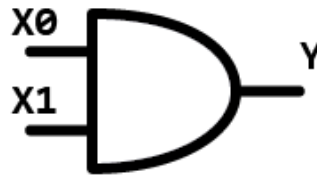
## 4.3. La compuerta AND (O)

La operación AND, también conocida como conjunción lógica, genera en su salida un valor lógico verdadero (“1” lógico) solo si todas las variables de entrada son verdaderas. Se representa como una multiplicación binaria (Operador  $\cdot$ ). En la figura 11 se encuentra la tabla de verdad, el símbolo de la compuerta correspondiente y los niveles lógicos resultado de la operación AND.

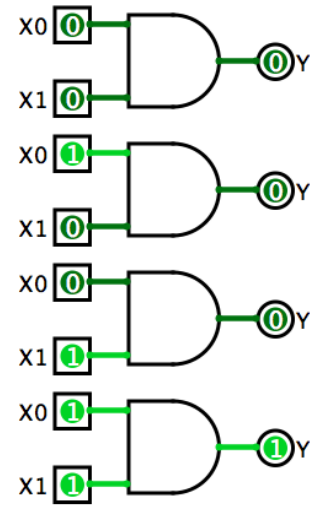
Un ejemplo de uso para la operación AND ocurre con la alarma de un vehículo. Sólo se desea que la alarma suene si ésta se encuentra encendida y alguna puerta se abre. En este caso, ambas condiciones deben ser verdaderas para que la salida de alarma suceda.

AND (Y)		
X1	X0	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(a) Tabla de verdad.



(b) Símbolo.



(c) Representación lógica.

Figura 11: Compuerta AND. *Elaboración propia.*

## Índice de figuras

1	Magnitudes analógicas y digitales. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
2	Diagrama de bloques de un sistema digital. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
3	Circuito básico y su representación esquemática. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
4	Formas de onda digitales. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
5	Niveles lógicos según tipo de circuito integrado. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
6	Suma en binario. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
7	Resta en binario. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
8	Multiplicación en binario. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
9	Compuerta NOT. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
10	Compuerta OR. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
11	Compuerta AND. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .

## Índice de tablas

1	Sucesión de números en diferentes sistemas numéricos. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .
2	Conteo en binario. <i>Elaboración propia.</i> . . . . .

## Referencias

- Floyd, T. L. (2010). *Fundamentos de sistemas digitales*. Pearson Prentice Hall. (OCLC: 893578510)
- Tocci, R. J., Widmer, N. S., y Moss, G. L. (2007). *Sistemas digitales: principios y aplicaciones*. México [etc.: Pearson Educación. (OCLC: 804512544)
- Tokheim, R. L. (2011). *Electrónica Digital: Principios y Aplicaciones*. España: McGraw-Hill España. Descargado 2017-05-01, de <https://library.biblioboard.com/content/05ed48f3-1297-46d7-97d2-ac0b5bdc2150> (OCLC: 963710488)

## INFORMACIÓN TÉCNICA



**Módulo:** Sistemas digitales y ensambladores

**Unidad 1:** Introducción a los sistemas digitales

**Escenario 1:** Introducción a los sistemas digitales

**Autor:** Gabriel Eduardo Ávila Buitrago

**Asesor Pedagógico:** Jeimmy Lorena Romero Perilla

**Diseñador Gráfico:** Leonardo Stiglitch Campos

**Asistente:** Jhon Edwar Vargas Villa

*Este material pertenece al Politécnico Gran Colombiano.  
Por ende, es de uso exclusivo de las Instituciones  
adscritas a la Red Ilumino. Prohibida su reproducción  
total o parcial.*