



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE ANÁLISIS DE SISTEMAS

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE CONTROLA EL ENCENDIDO Y  
APAGADO AUTOMÁTICO DE DOS BOMBAS

TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ANALISTA DE SISTEMAS

AUTOR:

VEINTIMILLA CASTILLO GABRIEL ARMANDO

MACHALA - EL ORO

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, VEINTIMILLA CASTILLO GABRIEL ARMANDO, con C.I. 0703792432, estudiante de la carrera de ANÁLISIS DE SISTEMAS de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE CONTROLA EL ENCENDIDO Y APAGADO AUTOMÁTICO DE DOS BOMBAS

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.
- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 16 de noviembre de 2015



---

VEINTIMILLA CASTILLO GABRIEL ARMANDO

C.I. 0703792432

## RESUMEN

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE CONTROLA EL ENCENDIDO Y APAGADO AUTOMÁTICO DE DOS BOMBAS

Gabriel Amando Veintimilla Castillo  
Tutor, Ing. Jimmy Molina Ríos

Se diseña e implementa un sistema para controlar el encendido y apagado automático de dos bombas, que permitan suministrar agua a cuatro tanques, haciendo uso de la lógica combinatoria de circuitos. Su funcionamiento es activar o desactivar las bombas satisfaciendo las condiciones necesarias en cuanto al estado de nivel de agua en los tanques. Esto se realiza haciendo uso de las ecuaciones booleanas y simplificaciones aplicando mapas de Karnaugh, teniendo como resultado un circuito esquematizado para el correcto funcionamiento. Gracias a la aplicación de la tecnología digital se logra un adecuado sistema de control en el cual se puede apreciar el importante papel que juega la lógica combinatoria frente a la necesidad de automatizar actividades como suministro de agua en los tanques.

Palabras clave: Control, automatización, suministro, bombas, circuitos.

## **SUMMARY**

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CONTROLLING SYSTEM ON AND OFF AUTOMATIC TWO BOMBS

Gabriel Amando Veintimilla Castillo  
Tutor, Ing. Jimmy Molina Ríos

It is designed and implemented a system to control the on and off automatically two pumps that supply water to allow four tanks, using combinatorial logic circuitry. Its operation is to activate or deactivate the pumps to meet the necessary conditions on the state of water level in the tanks. This is done using the Boolean equations and maps Karnaugh simplifications applied, resulting in a schematized circuit for proper operation. Thanks to the application of digital technology a suitable control system in which you can appreciate the important role of combinatorial logic against the need to automate activities such as water in the tanks is achieved.

Keywords: Control, automation, supply, pumps, circuits.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. MARCO CONTEXTUAL.....	1
1.2. PROBLEMA .....	2
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	2
2. DESARROLLO .....	2
2.1. MARCO TEÓRICO.....	2
2.2. MARCO METODOLÓGICO.....	6
2.3. RESULTADOS.....	8
3. CONCLUSIONES.....	9
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	10
5. ANEXOS .....	11

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de compuertas lógicas y álgebra de Boole .....	3
Tabla 2. Tabla de verdad para tres variables .....	4
Tabla 3. Tabla de verdad que determina una ecuación Booleana.....	6
Tabla 4. Mapa de Karnaugh para bomba 1 .....	7
Tabla 5. Mapa de Karnaugh para bomba 2 .....	7

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 2. Mapa de Karnaugh de dos variables en grupo de tres.....	5
Ilustración 3. Circuito esquemático de la ecuación Booleana.....	8

## **1. INTRODUCCIÓN**

El vertiginoso paso de la ciencia y tecnología ha permitido que los sistemas automáticos basados en la mecánica queden en segundo plano ya que hoy en día existen sistemas digitales que resaltan de forma importante, sirviendo para el diseño y puesta en marcha de sistemas automáticos, siendo un proceso muy metódico. Actualmente podemos decir que la ingeniería electrónica integra y forma parte de la ingeniería de control, ya que casi todos los sistemas automáticos funcionan con la ayuda de la electrónica. (Arango, 2005)

Bajo estos fundamentos se diseña e implementa un sistema de control que permite evitar el desperdicio de agua por derramamiento, monitoreando el estado de niveles de agua de tanques, haciendo uso de bombas las cuales se encienden o apagan en el momento adecuado, aplicando lógica combinatoria para obtener los resultados deseados. Aplica condiciones booleanas y ecuaciones que ayudan a la obtención de resultados poniendo en práctica la parte operativa del trabajo.

### **1.1. MARCO CONTEXTUAL**

Con este trabajo práctico se hace posible monitorear los niveles de agua dentro de cuatro tanques o cisternas mediante el encendido y apagado de dos bombas utilizando lógica combinatoria, controlada bajo el concepto de compuertas lógicas, álgebra de Boole y mapas de Karnaugh.

En el presente trabajo práctico no se investigó resistencia de materiales, ni métodos de construcción y/o edificación, sin embargo se centra en el condicionamiento necesario y adecuado para lograr resultados óptimos.

Gracias a la implementación de sistema de control se previene el desperdicio de agua por derramamiento cuando no existe el personal que se encargue de monitorear a tiempo completo los niveles de agua dentro de los tanques, o la falta de agua en cualquiera de ellos.



## **1.2. PROBLEMA**

El problema radica en responder a la incógnita de cómo evitar de forma automatizada el desperdicio de agua por el derramamiento, al carecer de la disponibilidad de recurso humano o en su defecto por la falta de personal para el monitoreo y control del estado de nivel de agua en los tanques o cisternas, implementando un sistema que controle el encendido y apagado automático de dos bombas para el suministro de agua a tanques o cisternas aplicando lógica combinatoria y lograr una la adecuada elección del encendido al respectivo tanque en un momento previsto. (Anónimo, 2008)

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema que controle el encendido y apagado automático de dos bombas para el suministro de agua a cuatro tanques aplicando lógica combinatoria de circuitos.

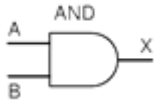
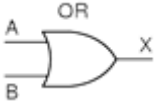
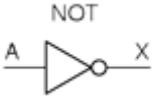
## **2. DESARROLLO**

### **2.1. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1. COMPUERTAS LÓGICAS Y ÁLGEBRA DE BOOLE**

“Las compuertas lógicas tienen entrada/s y una salida de carácter binario las cuales en sus entradas se las asigna con valores de A y B y la salida se ve representada con las ultimas letras del alfabeto (Q, X, Y o Z).

Cuadro descriptivo de las compuertas

Compuerta	Concepto / funcionamiento	Número de entradas	Simbología Lógica	Tabla de valores y ecuaciones lógicas															
<b>AND</b>	Representa la multiplicación de valores lógicos binarios (0 y 1). Su valor de salida únicamente será 1 cuando la combinación de sus dos entradas (A y B) sea 1, para las demás combinaciones el valor de salida será 0.	Pueden tener más de dos entradas y la salida es 1 si todas sus combinaciones tienen valor de 1.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> $F = (A) * (B)$	A	B	X	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	X																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
<b>OR</b>	Representa la suma de valores lógicos binarios (0 y 1). Su valor de salida será 1 cuando ambas o cualquiera de sus dos entradas sea 1	Pueden tener más de dos entradas y la salida es 1 si tan solo una de ellas tiene el valor 1.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> $F = A + B$	A	B	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	X																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
<b>NOT</b>	Se encarga de invertir el valor binario de la entrada de la entrada.	Tiene únicamente una entrada.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> $F = \overline{A}$	A	X	0	1	1	0									
A	X																		
0	1																		
1	0																		

*Tabla 1. Descripción de compuertas lógicas y álgebra de Boole*

**NOTA:** la compuerta AND trabaja en serie, mientras que la compuerta OR trabaja en paralelo”. (Tocci & Widmer, 2001)

## 2.1.2. MAPAS DE KARNAUGH

Un mapa de Karnaugh es una representación gráfica de una función lógica a partir de una tabla de verdad. El número de celdas del mapa es igual al número de combinaciones que se pueden obtener con las variables de entrada. Los mapas se pueden utilizar para 2, 3, 4 y 5 variables.

La simplificación de expresiones lógicas mediante el mapa de Karnaugh utiliza un método gráfico basado en la Suma de Productos.

Los mapas de karnaugh también son conocidos como tabla o diagramas para simplificar funciones algebraicas booleanas. (U.N.C.)

### Ejemplo de mapa de karnaugh:

De dos variables es un conjunto de cuatro celdas.

La siguiente figura nos muestra la tabla de verdad y el mapa K para una función escogida arbitrariamente de dos variables.

	B		
A	$\bar{B}$	B	
$\bar{A}$	1	0	
A	0	1	

≡

	B		
A	0	1	
0	1	0	
1	0	1	

Tabla 2. Tabla de verdad para dos variables

La función definida por la tabla en minterms es:

$$f(A, B) = \bar{A}\bar{B} + AB = \sum m(0,3)$$

## Mapas de Karnaugh de tres variables

El mapa de Karnaugh de tres variables es un conjunto de ocho celdas.

La siguiente figura nos muestra la tabla de verdad y el mapa K para una función escogida arbitrariamente de variables

		C	
		$\bar{C}$	C
AB	$\bar{A}\bar{B}$	1	1
	$\bar{A}B$	1	0
	$A\bar{B}$	1	0
	$AB$	0	0

≡

		C	
		0	1
AB	00	1	1
	01	1	0
	11	1	0
	10	0	0

*Ilustración 1. Mapa de Karnaugh de dos variables en grupo de tres*

La función definida por la tabla en minterms es: (U.P.B.)

$$f(A, B, C) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} = \sum m(0,1,2,6)$$

## 2.2. MARCO METODOLÓGICO

a. Se determina la ecuación booleana que satisfaga las condiciones para alternar el encendido de las bombas.

	T1	T2	T3	T4	B1	B2
	A	B	C	D	X	Y
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	0
6	0	1	1	0	0	1
7	0	1	1	1	0	0
8	1	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	0
10	1	0	1	0	0	0
11	1	0	1	1	0	0
12	1	1	0	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0
14	1	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	0	1

Tabla 3. Tabla de verdad que determina una ecuación Booleana

$$B1 = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

$$B2 = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

b. Se simplifica la ecuación obtenida anteriormente mediante álgebra de Boole.

$$B1 = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

$$B1 = \bar{A}\bar{C}D(\bar{B} + B) + A\bar{C}\bar{D}(\bar{B} + B) + AB\bar{C}(\bar{D} + D) + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}$$

$$B1 = \bar{A}\bar{C}D(1) + A\bar{C}\bar{D}(1) + AB\bar{C}(1) + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}$$

$$B1 = \bar{A}\bar{C}D + A\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}$$

$$B2 = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

$$B2 = \bar{A}\bar{B}D(\bar{C} + C) + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

$$B2 = \bar{A}\bar{B}D(1) + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

$$B2 = \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$$

c. Utilizando mapas de Karnaugh se ha simplificado el resultado de las ecuaciones anteriores:

### Bomba 1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	0	1	1
	01	1	1	1	0
	11	0	0	0	0
	10	1	0	0	0

Tabla 4. Mapa de Karnaugh para bomba 1

$$B1 = \bar{A}\bar{C}D + A\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C\bar{D}$$

### Bomba 2

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	0	0	0	0
	01	1	0	0	0
	11	1	0	1	0
	10	0	1	0	0

Tabla 5. Mapa de Karnaugh para bomba 2

$$B2 = \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + ABCD$$

### 2.3. RESULTADOS

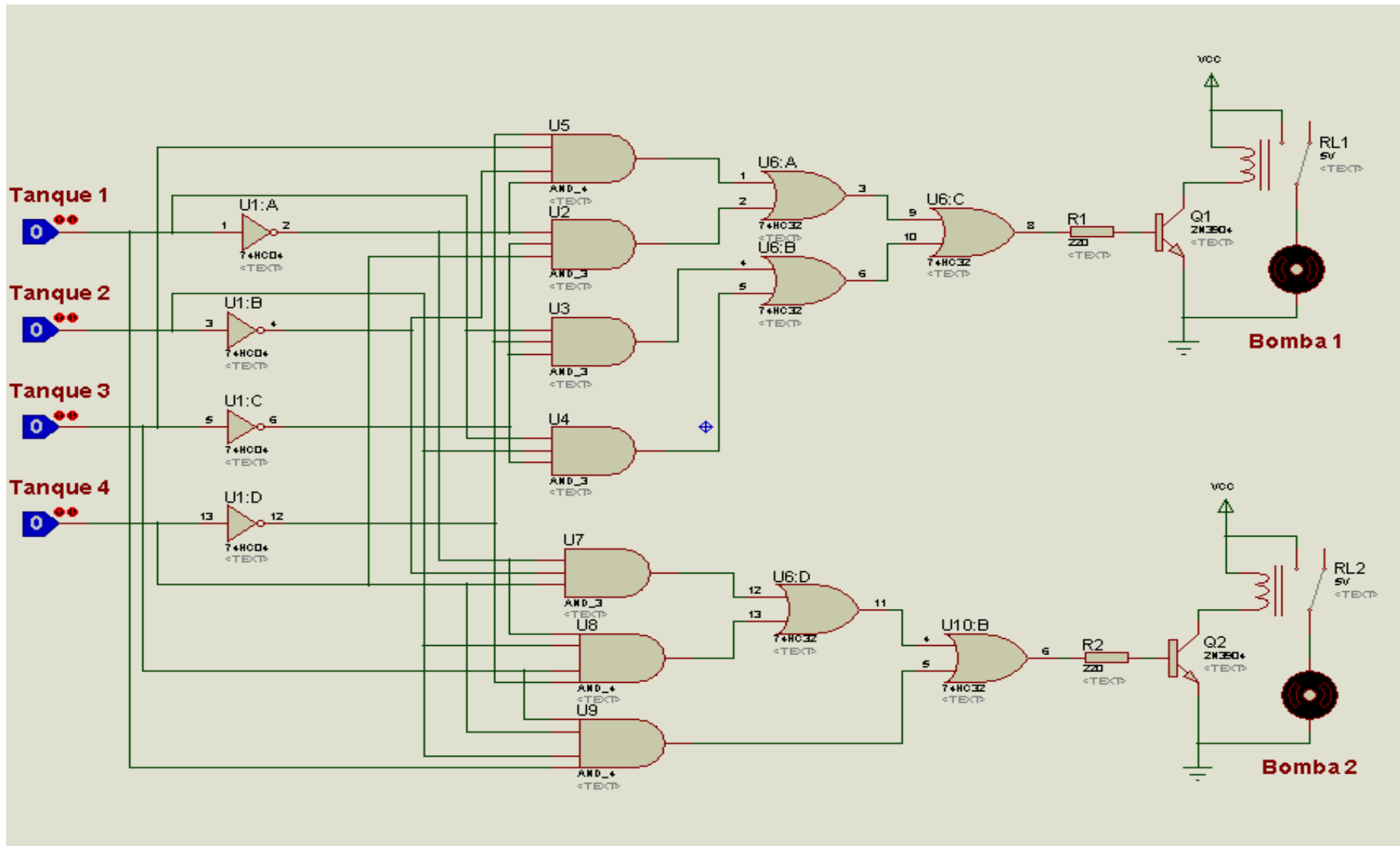


Ilustración 2. Circuito esquemático de la ecuación Booleana.

### 3. CONCLUSIONES

- ✚ Se ha logrado diseñar con éxito un circuito para el control de encendido y apagado automático de las bombas las cuales cumplen la función de suministrar agua a cuatro tanques.
- ✚ Gracias a la tecnología digital se ha podido resolver la automatización del proceso de control lo cual ha sido de gran importancia para evitar la carencia de agua dentro de los tanques y prevenir desastres.
- ✚ Se corroboró que mediante la aplicación de mapas de Karnaugh o la reducción mediante el álgebra de Boole se puede optimizar la ecuación de salida que cumpla las condiciones y de esta manera obtener un circuito esquemático reducido.
- ✚ La aplicación combinada de mapas de Karnaugh y álgebra de Boole ha permitido reducir términos de la ecuación booleana que satisface las condiciones que controlan el encendido y apagado de las bombas.
- ✚ Los sistemas digitales son de suma importancia ya que sirven para ser implementar procesos de control automático.
- ✚ En general se demostró la gran utilidad que tiene este trabajo práctico en nuestra vida diaria como un buen recurso para evitar el desperdicio de agua.
- ✚ El tener un conocimiento previo en detalle del funcionamiento de la estación y específicamente de cómo funcionan las bombas de agua deriva un correcto diseño del sistema de control automático.



#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Académica, D. N. (2003). Recuperado el 06 de Octubre de 2015, de Universidad Nacional de Colombia:

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2000477/lecciones/020401.htm>

Anónimo. (2008). Recuperado el 08 de Octubre de 2015, de Espol:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14620/10/10%20CAPITULO%203%20%283.3%29.pdf>

Arango, E. I. (2005). Recuperado el 07 de Octubre de 2015, de Universidad Nacional de Colombia:

<http://minas.medellin.unal.edu.co/formacion/pregrado/ingenieriadecontrol>

Tocci, R. J., & Widmer, N. S. (2001). *Principios y Aplicaciones de Sistemas Digitales* (Octava Edición ed.). Estados Unidos de América: Prentice Hall.

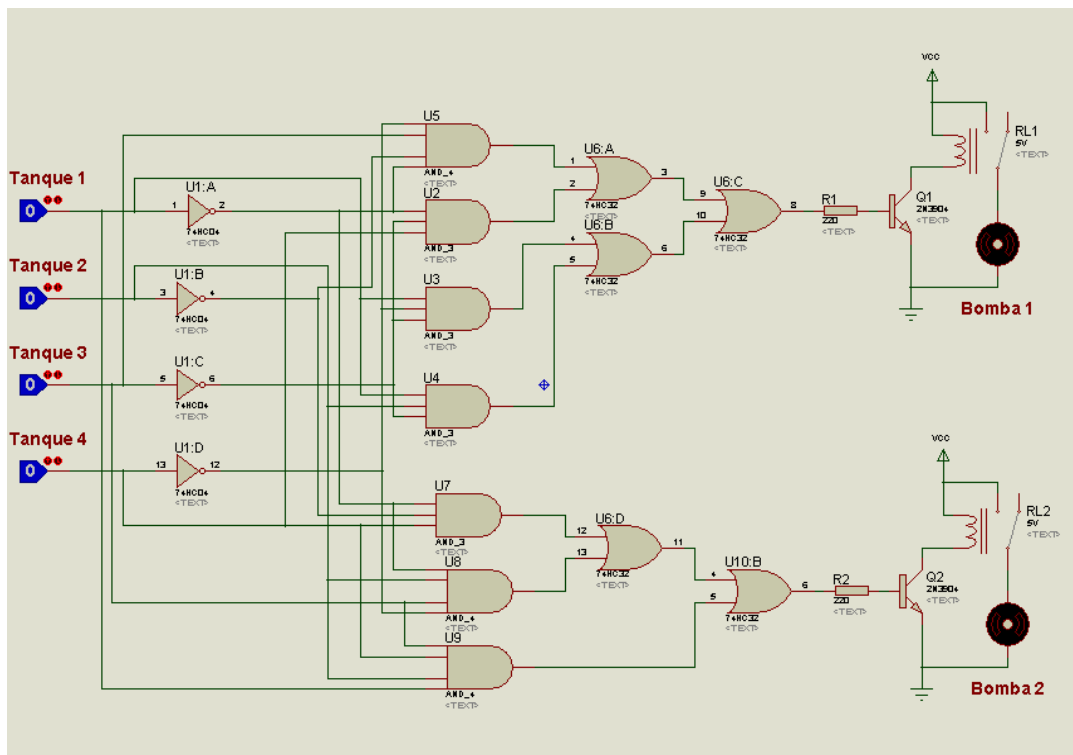
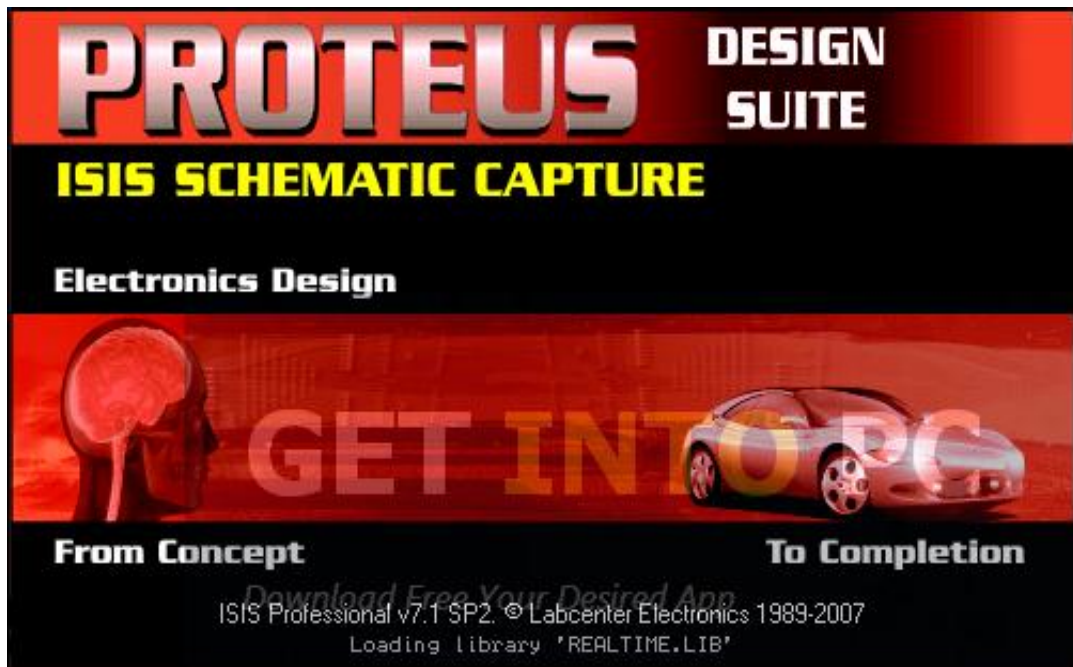
U.N.C. (s.f.). *unal.edu.co*. Recuperado el 20 de octubre de 2015, de

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2000477/lecciones/020401.htm>

U.P.B. (s.f.). Recuperado el 15 de OCTUBRE de 2015, de TECNICA DIGITALES:

[http://clrueda.docentes.upbbga.edu.co/web\\_digitales/Tema\\_2/mapa%20K.html](http://clrueda.docentes.upbbga.edu.co/web_digitales/Tema_2/mapa%20K.html)

## 5. ANEXOS



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** VEINTIMILLA CASTILLO GABRIEL ARMANDO.docx (D16373593)  
**Submitted:** 2015-11-25 11:02:00  
**Submitted By:** jmolina@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 9 %

### Sources included in the report:

LOGACHO\_TUPIZA\_AUTOMOTRIZ\_MAPAS DE KARNAUGH.doc (D12511662)  
<http://itescham.com/Syllabus/Doctos/r204.DOC>  
[http://clrueda.docentes.upbbga.edu.co/web\\_digitales/Tema\\_2/mapa%20K.html](http://clrueda.docentes.upbbga.edu.co/web_digitales/Tema_2/mapa%20K.html)

### Instances where selected sources appear:

4



ing. Jimmy Molina R.  
ESCUELA DE INFORMATICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA