



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL  
ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA  
EN EL MANEJO DE SISTEMAS ANALÓGICOS  
BASADO EN SEMICONDUCTORES Y TRANSISTORES  
PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA”**

**CRISTIAN FABIAN ROJAS QUISNANCELA  
PEDRO ANDRADE MORI**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

**Facultad de Mecánica**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-01-23

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CRISTIAN FABIAN ROJAS QUISNACELA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE  
SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA EN EL MANEJO DE SISTEMAS  
ANALÓGICOS BASADO EN SEMICONDUCTORES Y TRANSISTORES  
PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Ing. Marco Santillán Gallegos

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo García Cabezas

---

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

**ESPOCH**

**Facultad de Mecánica**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-01-23

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**PEDRO ANDRADE MORI**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE  
SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA EN EL MANEJO DE SISTEMAS  
ANALÓGICOS BASADO EN SEMICONDUCTORES Y TRANSISTORES  
PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Ing. Marco Santillán Gallegos

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo García Cabezas

---

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CRISTIAN FABIAN ROJAS QUISNACELA

**TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA EN EL MANEJO DE SISTEMAS ANALÓGICOS BASADO EN SEMICONDUCTORES Y TRANSISTORES PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**Fecha de Examinación:** 2014-11-18

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo García Cabezas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA DE TESIS			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PEDRO ANDRADE MORI

**TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA EN EL MANEJO DE SISTEMAS ANALÓGICOS BASADO EN SEMICONDUCTORES Y TRANSISTORES PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Fecha de Examinación: 2014-11-18

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo García Cabezas DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA DE TESIS			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en una investigación propia, en base a los conocimientos receptados en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Cristian Fabián Rojas Quisnancela

---

Pedro Andrade Mori

## **DEDICATORIA**

A mis padres queridos Rosa y Fabián, quienes han sido pilar fundamental en mi vida, que con su cariño y sacrificio me han guiado y motivado a cumplir mis metas.

A mis hermanos Samanta y Patricio, por estar siempre dispuesto para brindarme su apoyo.

Cristian Fabián Rojas Quisnancela

A Dios, que me dio la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa. Con amor a mis padres Luis y Tomasita que me dieron la vida, por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en todo momento. A mis hermanos, a mi hermana Clara y a mí enamorada Lisbeth que me han brindado su cariño y han estado siempre pendientes de mí. Muy especial a mi tío y a su mujer que me acogieron en el calor de su hogar.

Pedro Andrade Mori

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más profundo agradecimiento a Dios, quien me ha permitido culminar mi carrera profesional, a mis queridos padres, que han estado conmigo en todo momento para brindarme su apoyo y comprensión, a mis hermanos por su confianza y cariño.

A quienes colaboraron en este proceso, al Ing. Eduardo García y ala Ing. Ruth Barrera, que con sus conocimientos permitieron el desarrollo de esta investigación.

A cada uno de mis amigos que siempre han estado pendientes y disponibles para brindarme su ayuda y cooperación y de quienes nunca ha faltado palabras de aliento y estima.

Cristian Fabián Rojas Quisnancela

Infinitamente a Dios, por guiarme y cuidarme siempre, a mis padres, por su cariño ejemplo y apoyo incondicional durante toda mi vida, A mis hermanos, por su compañía y por sus buenos consejos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la escuela de Ingeniería Industrial, por brindarles la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad. Al Ing. Eduardo García y ala Ing. Ruth Barrera por la orientación y por compartir sus conocimientos para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente a todos los amigos, compañeros y personas que me han brindado su apoyo en esta etapa de mi vida.

Pedro Andrade Mori

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	4
2.1 Análisis de señales .....	4
2.1.1 <i>Señal</i> .....	4
2.1.2 <i>Tipos de señales eléctricas</i> .....	4
2.1.3 <i>Señales constantes y variantes</i> .....	5
2.1.4 <i>Señales continuas y alternas</i> .....	6
2.1.5 <i>Señales periódicas</i> .....	6
2.1.6 <i>Señales rectangulares</i> .....	8
2.1.7 <i>Señales triangulares</i> .....	8
2.1.8 <i>Señal senoidal</i> .....	9
2.2 Parámetros de la corriente alterna .....	10
2.3 Semiconductores .....	13
2.3.1 <i>Semiconductores intrínsecos</i> .....	14
2.3.2 <i>Semiconductores extrínsecos</i> .....	14
2.3.3 <i>Semiconductores N y P</i> .....	15
2.3.3.1 <i>Semiconductor tipo N</i> .....	15
2.3.3.2 <i>Semiconductor tipo P</i> .....	15
2.3.4 <i>Diodo semiconductor</i> .....	15
2.3.4.1 <i>Sin polarización aplicada (<math>V_D = 0V</math>)</i> .....	16
2.3.4.2 <i>Polarización inversa (<math>V_D &lt; 0V</math>)</i> .....	16
2.3.4.3 <i>Polarización directa (<math>V_D &gt; 0V</math>)</i> .....	17
2.4 Circuitos rectificadores .....	19
2.4.1 <i>Rectificación de media onda</i> .....	19
2.4.2 <i>Rectificación de onda completa</i> .....	20
2.4.3 <i>Rectificador tipo puente</i> .....	20
2.5 Diodos zener .....	22
2.5.1 <i>Región zener</i> .....	23
2.6 Transistores bipolares .....	24
2.6.1 <i>Construcción de los transistores</i> .....	24
2.7 <i>Configuración base común</i> .....	25
2.8 <i>Configuración de emisor común</i> .....	28
2.9 <i>Configuración de colector común</i> .....	29
2.10 <i>Conexión cascada</i> .....	30
2.11 <i>Conexión darlington</i> .....	32
2.12 <i>Conexión cascode</i> .....	33
<b>3. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA</b> .....	34
3.1 Descripción de la estación de análisis de señales de corriente alterna.....	34

3.2	Descripción de los equipos que conforman la estación de análisis de señales de corriente alterna.....	35
3.2.1	<i>Módulo de componentes electrónicos..</i> .....	35
3.2.2	<i>Osciloscopio de almacenamiento digital..</i> .....	46
3.2.3	<i>Generador de funciones arbitrario..</i> .....	47
3.2.4	<i>Pinza amperimétrica..</i> .....	49
3.2.5	<i>Multímetro digital..</i> .....	50
3.3	Desarrollo del módulo de componentes electrónicos .....	50
3.3.1	<i>Estructura del módulo de componentes electrónicos..</i> .....	51
3.3.2	<i>Dimensionado del módulo..</i> .....	51
3.3.3	<i>Construcción de la estructura modular..</i> .....	52
3.4	Ensamble del módulo de componentes electrónicos.....	53
3.4.1	<i>Instalación de los componentes electrónicos..</i> .....	53
3.4.2	<i>Instalación de la fuente de poder regulable.....</i>	54
3.4.3	<i>Instalación de un transformador.....</i>	55
3.4.4	<i>Instalación del voltímetro y amperímetro de panel..</i> .....	55
3.4.5	<i>Instalación de los potenciómetros.....</i>	55
3.4.6	<i>Instalación de los elementos que conformaran la parte frontal del módulo... </i>	56
3.5	Pruebas de funcionamiento .....	56
3.5.1	<i>Verificación del correcto funcionamiento del panel de componentes electrónicos. ....</i>	57
3.5.2	<i>Verificación del correcto funcionamiento del osciloscopio de almacenamiento digital.....</i>	57
3.5.3	<i>Verificación del correcto funcionamiento del generador de funciones arbitrario.....</i>	62
3.5.4	<i>Verificar el correcto funcionamiento de la pinza amperimétrica.....</i>	64
3.5.5	<i>Verificación del correcto funcionamiento del multímetro digital.....</i>	64
<b>4.</b>	<b>ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIONES Y LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LA ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA .....</b>	<b>66</b>
4.1	Generalidades.....	66
4.2	Seguridad .....	66
4.2.1	<i>Riesgo eléctrico.....</i>	67
4.2.2	<i>Riesgos mecánicos..</i> .....	67
4.3	Sistema de codificación.....	68
4.3.1	<i>Elaboración de fichas.....</i>	69
4.3.1.1	<i>Ficha de componentes principales.....</i>	70
4.3.1.2	<i>Ficha de diagrama de procesos. ....</i>	70
4.4	Plan de mantenimiento .....	70
4.4.1	<i>Banco y ejecución de las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman la estación de análisis de señales de corriente alterna. ....</i>	70
4.4.2	<i>Lanzamiento de la orden de trabajo.....</i>	72
4.4.3	<i>Ejecución del trabajo.....</i>	74
4.4.4	<i>Cierre de la orden de trabajo.....</i>	75
4.5	Guías de laboratorio.....	77
4.5.1	<i>Temas de las prácticas elegidas .....</i>	77
4.5.2	<i>Tutoriales .....</i>	78

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	114
5.1	Conclusiones.....	114
5.2	Recomendaciones .....	114

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Equipos a implementarse para la estación.....	35
2 Elementos que conforman el módulo.....	36
3 Características de la fuente de poder regulable 0 a 24 V CD.....	37
4 Características del transistor NPN 2N2219A.....	38
5 Características del transistor PNP 2N2905A.....	39
6 Características del puente rectificador redondo 2W10.....	39
7 Característica del transformador TF112C-W20.....	40
8 Características de los potenciómetros.....	41
9 Características diodo rectificador 1N4007.....	42
10 Características diodo Zener.....	43
11 Características condensadores electrolitos y cerámicos.....	43
12 Características del regulador de voltaje LM317A.....	44
13 Características de voltímetro digital.....	45
14 Características del amperímetro digital.....	45
15 Características del interruptor de dos posiciones.....	46
16 Características osciloscopio de almacenamiento digital.....	47
17 Características generador de funciones arbitrario.....	48
18 Características Pinza amperimétrica Fluke 376.....	49
19 Características Multímetro digital Fluke 115.....	50
20 Codificación de los equipos.....	69
21 Banco de tareas de mantenimiento del módulo de componentes electrónicos.....	70
22 Banco de tareas de mantenimiento del osciloscopio de almacenamiento digital..	71
23 Banco de tareas de mantenimiento del generador de funciones arbitrario.....	71
24 Banco de tareas de mantenimiento del multímetro digital.....	72
25 Banco de tareas de mantenimiento de la pinza amperimétrica.....	72
26 Orden de trabajo.....	73
27 Solicitud de repuestos.....	74
28 Solicitud de herramientas.....	75
29 Historial de averías del osciloscopio de almacenamiento digital.....	76
30 Análisis de informes.....	77

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Señales de tiempo continuo..... 5
2	Señales de tiempo discreto. .... 5
3	Señal constante y señal variable..... 6
4	Señal alterna y señal continua. .... 6
5	Señal periódica ..... 7
6	Señal no periódica ..... 8
7	Señal rectangular. .... 8
8	Señal triangular..... 9
9	Señal diente de sierra..... 9
10	Señal senoidal y señal cosenoidal. .... 10
11	Parámetros de una señal alterna. .... 12
12	Unión p-n sin polarización externa. .... 16
13	Unión p-n con polarización inversa..... 17
14	Unión p-n con polarización directa ..... 17
15	Circuito básico de rectificación de media onda..... 19
16	Entrada y salida del rectificador de media onda..... 20
17	Rectificación onda completa tipo puente. .... 20
18	Rectificación de onda completa tipo puente con tensión de entrada positiva. .... 21
19	Rectificación de onda completa tipo puente con tensión de entrada negativa. .... 21
20	Entrada y salida del rectificador onda completa. .... 21
21	Diodo zener ..... 22
22	“Encendido” ..... 23
23	“Apagado” ( $V_Z > V > 0 V$ )..... 23
24	Región zener..... 24
25	Transistor PNP ..... 24
26	Transistor NPN..... 25
27	Símbolos de la configuración de base común del transistor PNP. .... 26
28	Símbolos de la configuración de base común del transistor NPN. .... 26
29	Característica de entrada para el amplificador de base común ..... 26
30	Característica de salida para el amplificador de base común ..... 27
31	Símbolos de la configuración de emisor común del transistor NPN..... 28

32	Símbolos de la configuración de emisor común del transistor PNP. ....	28
33	Características del colector.....	29
34	Características de la base.....	29
35	Símbolos de la configuración de colector común del transistor PNP. ....	30
36	Símbolos de la configuración de colector común del transistor NPN.....	30
37	Amplificador FET en cascada .....	31
38	Conjunto transistor darlington.....	32
39	Configuración cascode .....	33
40	Equipos que conforman la estación.....	34
41	Módulo de elementos electrónicos .....	35
42	Caja de tol y acrílico para el montaje de los elementos electrónicos .....	37
43	Fuente de poder regulable 0 a 24 V CD .....	37
44	Transistor bipolar NPN 2N2219A.....	38
45	Transistor bipolar PNP 2N2905A .....	38
46	Puente rectificador monofásico 2W10 .....	39
47	Transformador TF112C-W20 THUNDER 110V/24V/2A.....	40
48	Potenciómetro.....	40
49	Diodo rectificador 1N4007.....	41
50	Diodo zener .....	42
51	Condensador.....	43
52	Regulador de voltaje LM317A.....	44
53	Voltímetro digital .....	45
54	Amperímetro digital .....	45
55	Interruptor de dos posiciones .....	46
56	Osciloscopio de almacenamiento digital.....	47
57	Generador de funciones arbitrario.....	48
58	Pinza amperimétrica Fluke 376.....	49
59	Multímetro digital Fluke 115 .....	50
60	Dimensionado de los componentes electrónicos.....	51
61	Diseño del módulo de componentes electrónicos .....	51
62	Diagrama de operaciones del proceso tipo material para la construcción de la estructura modular .....	52
63	Montaje de los transistores PNP, NPN y puente rectificador.....	53

64	Montaje de diodos zener, diodos rectificadores y condensadores electrolíticos y cerámicos.....	53
65	Montaje de las resistencias .....	53
66	Montaje de las resistencias .....	54
67	Montaje del regulador de voltaje LM317A .....	54
68	Instalación de la fuente de poder regulable .....	54
69	Instalación del transformador 110V/24V/2A .....	55
70	Instalación del voltímetro y amperímetro digital.....	55
71	Instalación de los potenciómetros .....	56
72	Instalación de los elementos en la parte frontal .....	56
73	Verificación de la fuente variable .....	57
74	Parte posterior del osciloscopio.....	57
75	Encendido del osciloscopio digital.....	58
76	Colocación de sonda.....	58
77	Conexión a los terminales .....	59
78	Selección del botón AUTO SET .....	59
79	Forma de onda .....	60
80	Calibración de sonda .....	60
81	Selección del botón Utility .....	60
82	Selección del botón Autocalibrado.....	61
83	Selección de botón OK.....	61
84	Proceso de autocalibrado.....	61
85	Conexión del generador de funciones .....	62
86	Encendido del generador de funciones.....	62
87	Selección de botón Utility .....	63
88	Selección del botón more .....	63
89	Diagnóstico de calibración .....	63
90	Verificación de continuidad .....	64
91	Verificación de continuidad .....	65
92	Circuito rectificador de media onda .....	79
93	Circuito rectificador de onda completa .....	80
94	Circuito rectificador de media onda .....	82
95	Circuito rectificador de onda completa .....	82

96	Forma de onda de entrada rectificación de media onda .....	83
97	Forma de onda de salida rectificación de media onda.....	84
98	Forma de onda de entrada rectificación de onda completa .....	84
99	Forma de onda de salida rectificación de onda completa.....	85
100	Circuito de emisor común .....	88
101	Medida de voltaje entre la base y tierra.....	92
102	Medida de voltaje entre emisor y tierra.....	92
103	Medida de voltaje entre colector y tierra.....	92
104	Forma de onda de la señal de entrada.....	93
105	Forma de onda de la señal de entrada.....	93
106	Señal de entrada y salida circuito emisor común .....	94
107	Circuito de colector común .....	97
108	Voltaje de entrada que produce una fuente de señales .....	99
109	Arreglo de polarización simplificada para el circuito colector común .....	100
110	Medida de voltaje entre base y tierra.....	101
111	Medida de voltaje .....	101
112	Medida de voltaje .....	102
113	Forma de onda de la señal de entrada.....	102
114	Forma de onda de la señal de salida .....	102
115	Señal de entrada y salida circuito colector común .....	103
116	Circuito base común.....	106
117	Voltaje de entrada y salida .....	108
118	Circuito base común simplificada .....	109
119	Medida de voltaje entre la base y tierra.....	110
120	Medida de voltaje entre el emisor y tierra.....	110
121	Medida de voltaje entre colector y tierra.....	111
122	Forma de onda de la señal de entrada.....	111
123	Forma de onda de la señal de salida .....	111
124	Señal de entrada y salida circuito base común .....	112

## SIMBOLOGÍA

<b>Código</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Símbolo</b>
I	Intensidad de corriente	Amperio	A
V	Potencial eléctrico	Voltio	V
U, (V)	Diferencia de potencial, tensión	Voltio	V
R	Resistencia	Ohmio	$\Omega$
L	Inductancia	Henrio	H
P	Potencia Activa	Vatio	W
F	Frecuencia	Hertz	Hz
T	Periodo	Segundo	S
U	Tensión	Voltio	V
D	Rendimiento	Porcentaje	%

## LISTA DE ABREVIACIONES

RMS	Root mean square o Valor cuadrático medio
VPI	Voltaje de pico inverso
BJT	Transistor bipolar de unión
CE	Emisor común
CB	Base común
LCD	Pantalla de cristal líquido
CH1	Canal 1
BNC	Conector con cable coaxial
CR	Circuito rectificado
R <sub>L</sub>	Resistencia de carga

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Fichas técnica y de proceso de los equipos que conforman la estación de análisis de señales de corriente alterna

## **RESUMEN**

La presente tesis es la descripción del proceso realizado para la implementación de una estación de análisis de señales de corriente alterna en el manejo de sistemas analógicos basados en semiconductores y transistores para el laboratorio de electrónica de la Facultad de Mecánica, con la finalidad de repotenciar dicho laboratorio y mejorar el nivel de preparación académica de los estudiantes, siendo ellos los directos beneficiados, que tendrán a disposición dicha estación con equipos de última tecnología para el desarrollo de sus prácticas.

Primeramente se realizó un análisis de los equipos que conformarán la estación de análisis de señales de corriente alterna, posteriormente se implementó la estación de análisis de señales con equipos de tecnología moderna; estos con un osciloscopio de almacenamiento digital, un generador de funciones arbitrario, una pinza amperimétrica, un multímetro digital y un panel de componentes electrónicos, complementados cada uno de ellos con manuales de uso, plan de mantenimiento, fichas técnicas y diagramas de procesos para el adecuado manejo de los equipos.

Además como aporte a la utilización de la estación se desarrolló guías de prácticas de laboratorio tomando en cuenta el plan analítico de la materia de electrónica determinando ejercicios demostrativos.

Para la conservación de los equipos se recomienda tanto a docentes y estudiantes el empleo del manual de operación para su correcto funcionamiento, así como también hacer uso de las guías de prácticas del laboratorio de electrónica para el mejor desarrollo de destrezas, habilidades y competencias.

## **ABSTRACT**

This thesis is the description of the process carried out for the implementation of an analysis station of AC (alternating current) signals in the operation of analogue systems based on semiconductors and transistors for the electronics laboratory belonging to the Faculty of Mechanics, in order to renew it and improve the level of academic expertise in students, who are going to be the direct beneficiaries able to count on the services that this station provides; by accessing to the latest technology equipment to perform their professional practices.

Firstly, an analysis of the equipment comprising the AC signal station was carried out, subsequently, the signal analysis station was implemented with modern technology equipment which comprises: a digital storage oscilloscope, an arbitrary function generator, an ammeter clamp, a digital multimeter and a panel of electronic components, each, supplemented with manuals, maintenance plan, technical specifications and diagrams of processes for proper handling of equipment.

Also as a contribution to the use of the station laboratory, practice guidelines were developed by taking into account the analytical plan for the field of electronics by determining demonstrative exercises.

For equipment maintenance it is recommended both, teachers in charge and students; make use of the operation manual to assure an accurate operation, as well as working in accordance to the guidelines of practices for this electronics laboratory to achieve a better development of skills, abilities and competencies.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se ha caracterizado por brindar un alto nivel de preparación académica a sus estudiantes, creando profesionales competitivos en el ámbito laboral, capaces de aportar con conocimientos para el desarrollo sustentable del país.

La Facultad de Mecánica dentro de sus instalaciones cuenta con laboratorios que ayudan al estudiante a complementar, desarrollar y comprender de mejor manera los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, logrando una formación integral y culta de los futuros profesionales que aquí se forjan.

La disponibilidad del Laboratorio de Electrónica hace que el estudiante mejore sus destrezas y habilidades con la práctica, simulando un ambiente real de trabajo. El paso del tiempo y la gran cantidad de prácticas realizadas ha provocado que los equipos hayan cumplido con su vida útil, estén desactualizados o se encuentren dañados. Esto conlleva que el aprendizaje no sea el adecuado en lo referente a prácticas, al no satisfacer las exigencias de la tecnología actual, dando lugar a la existencia de falencias.

La estación de Análisis de Señales pretende mejorar el aprendizaje en la parte práctica para el mejor desenvolvimiento laboral del futuro ingeniero, haciendo uso de equipos de última tecnología, que contribuyan al estudiante en la formación de criterios que le permitan desarrollar la capacidad de dar solución a problemas en la Industria.

### 1.2 Justificación

EL laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica alberga en su totalidad a estudiantes de las cuatro carreras que la conforman, siendo visitado diariamente para

hacer uso de sus equipos, instrumentos y estaciones de trabajo, provocando dicha demanda de uso su deterioro, además afectados por el paso del tiempo; a pesar de encontrarse funcionales el desarrollo tecnológico los ha convertido en herramientas no eficientes para brindar al estudiante una preparación de calidad acorde al presente campo laboral, por ello se ve la necesidad de realizar la implementación de una Estación de Análisis de Señales de CA en el manejo de sistemas analógicos basado en semiconductores y transistores como aporte a la repotenciación de dicho laboratorio.

La implementación de mencionada estación contribuirá con la formación del estudiante fomentando una enseñanza más activa, participativa e individualizada, donde se impulse el método científico y el espíritu crítico. De este modo se favorece que el estudiante desarrolle habilidades, aprenda técnicas elementales y se familiarice con el manejo de instrumentos y aparatos, permitiendo estar en capacidad de brindar ideas nuevas e innovadoras que puedan servir de aporte al desarrollo en base a la nueva Matriz Productiva del país.

El beneficio será para todos los que conformamos la Facultad de Mecánica se contará con los recursos disponibles en el módulo para ser utilizados en las distintas etapas del transcurso de la carrera y el compromiso de cada uno de nosotros será estudiar, aprovechar al máximo hasta conseguir el triunfo y alcanzar como meta un título que permita involucrar de forma inmediata y con éxito al mundo laboral.

### **1.3      Objetivos**

**1.3.1    Objetivo general.** Implementar una estación para el análisis de señales de corriente alterna en el manejo de sistemas analógicos basado en semiconductores y transistores para el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica.

**1.3.2    Objetivos específicos:**

Conocer el funcionamiento básico de semiconductores y transistores en sus diferentes configuraciones.

Identificar y seleccionar los diferentes elementos electrónicos que se usará para la

realización de las prácticas.

Elaborar diferentes guías de prácticas que permitan al estudiante conocer a fondo la utilización de la estación de análisis de señales de corriente alterna.

Determinar las características y funcionamiento de los equipos para la estación de análisis de señales.

Realizar un manual de operaciones de los equipos implementados para el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica.

Realizar el análisis de señales de corriente alterna en el manejo de sistemas analógicos utilizando instrumentación electrónica.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1 Análisis de señales

**2.1.1 Señal.** Se puede definir a una señal como una función de uno o más variables independientes que contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de algún fenómeno. Las señales transportan información acerca del sistema que las produjo, contenida o codificada en un patrón de variaciones de alguna magnitud física.

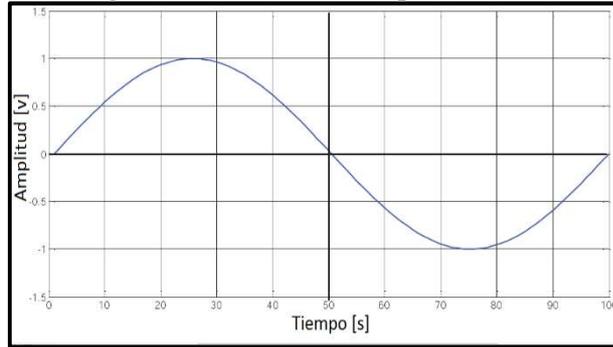
Las señales eléctricas son tensiones o corrientes que contienen información. Además de las señales eléctricas existen otras, de naturaleza magnética, hidráulica, neumática, luminosa.(BARCHIESI, 2008)

Las señales pueden ser generadas en forma natural o artificial. Algunos ejemplos de señales naturales son la voz, señales cardiacas, radiación electromagnética de una estrella, la altura de la marea y la velocidad del viento. Algunos ejemplos de señales artificiales son la emisión de un canal de TV, las ondas emitidas y recibidas por radares, teléfonos celulares, sonares, etc.(BARCHIESI, 2008)

**2.1.2 Tipos de señales eléctricas.** Hay dos tipos de señales en el tiempo continuo (señales analógicas) y señales en tiempo discreto (señales digitales). Una señal  $x(t)$  es una señal en tiempo continuo si la variable independiente  $t$  es una variable continua y, por ende, estas señales están definidas para un continuo de valores de esa variable, es decir, el valor de  $x(t)$  es especificado en todo instante  $t$  de un intervalo de tiempo dado, ya sea mediante una expresión matemática o gráficamente por medio de una curva, la variable independiente puede tomar cualquier valor real.(MORÓN, 2011)

Para transmitir una señal eléctrica se requiere un medio de transmisión que normalmente es una línea de transmisión. El tipo de medio de transmisión es importante, ya que determina el número máximo de bits (dígitos binarios).

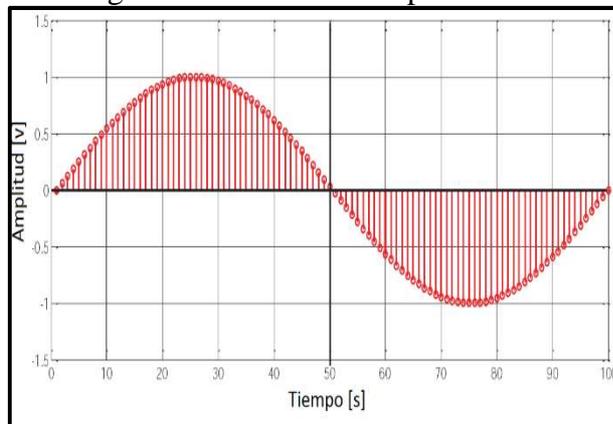
Figura 1. Señales de tiempo continuo



Fuente: <http://goo.gl/TqdTkb>

Si la variable  $t$  es independiente, es una variable discreta, lo cual quiere decir que  $x(t)$  está definida en puntos del tiempo discretos, entonces  $x(t)$  es una señal de tipo discreto, a menudo generada por muestreo de una señal de tiempo continuo. Una señal de tiempo discreto está definida solamente en tiempos discretos, con frecuencia se identifica como una secuencia de números, denotados por  $\{X_n\}$  o  $X[n]$  donde  $n$  es el número entero. (MORÓN, 2011)

Figura 2. Señales de tiempo discreto

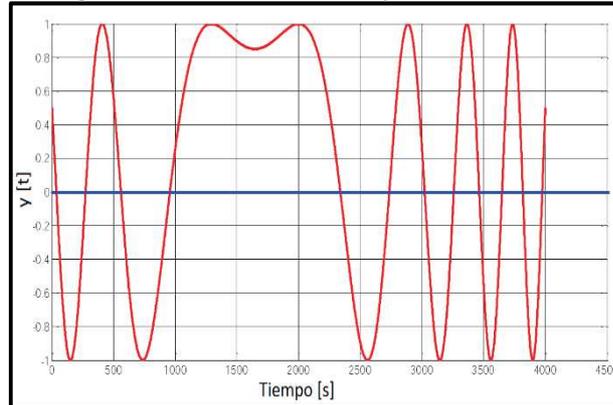


Fuente: <http://goo.gl/aqviro>

**2.1.3** *Señales constantes y variantes.* Las señales constantes son aquellas que no modifican en el tiempo, como en el caso de bornes de una batería. La representación gráfica es una línea horizontal (línea azul figura 3).

Las señales variables son aquellas que cambian su dirección o valor con el tiempo (línea roja figura 3).

Figura 3. Señal constante y señal variable

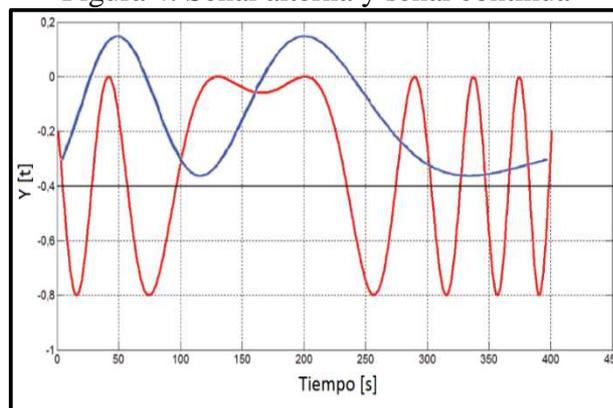


Fuente: <http://goo.gl/8hZ11V>

**2.1.4** *Señales continuas y alternas.* Las señales continuas no varían su valor en función del tiempo, es decir siempre poseen el mismo signo, esta señal es siempre positivas, nulas o negativas (línea azul figura4). La corriente continua el flujo de carga fluye en un solo sentido, aunque puede variar su intensidad. Una señal continua puede o no ser constante.

En las señales alternas los electrones del circuito se desplazan con un movimiento de vaivén en torno a posiciones relativamente fijas, es decir primero en un sentido y luego en el sentido contrario. A diferencia de la corriente continua, la corriente alterna varían el signo de su magnitud en un determinado tiempo (línea roja figura 4).

Figura 4. Señal alterna y señal continua



Fuente: <http://goo.gl/dVi9nk>

**2.1.5** *Señales periódicas.* Las señales periódicas son aquellas que se repite tras un cierto periodo de tiempo (T).

La señal periódica se caracteriza fundamentalmente por los parámetros siguientes:

- Amplitud ( $A$ ): Indica el valor instantáneo de la magnitud medida. El valor instantáneo siempre está comprendido entre el valor mínimo y un valor máximo. La unidad de medida de la amplitud depende de la magnitud representada. La amplitud de una señal también puede evaluarse mediante su valor de pico a pico ( $A_{pp}$ ) o su valor eficaz ( $A_{ef}$ ).
- Periodo ( $T$ ): Determina la duración de un ciclo de la señal. El periodo de una señal se mide en segundos (s).
- Fase( $\varphi$ ): Determina el punto de inicio de un ciclo de señal respecto a un punto origen de frecuencia.
- Frecuencia ( $f$ ): Indica el número de ciclos de la onda que ocurre en un segundo. La frecuencia de una señal se mide en hercios (Hz). El periodo ( $T$ ) y la frecuencia ( $f$ ) están relacionados de la forma siguiente.(ESTELLER, 2010)

$$f = \frac{1}{T}(1)$$

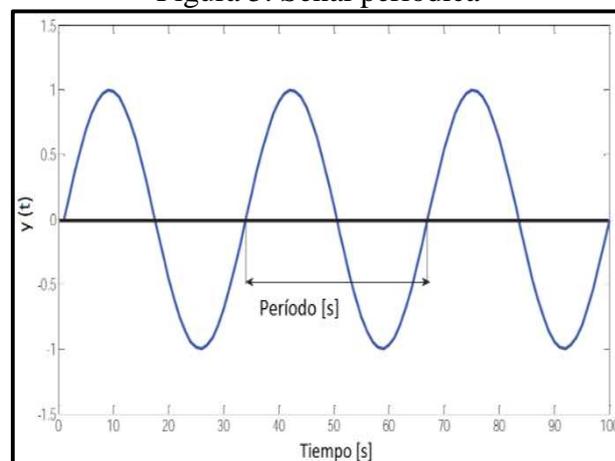
Dónde:

$f$  = Frecuencia, se mide en [Hz]

$T$ = Periodo, se mide en [s]

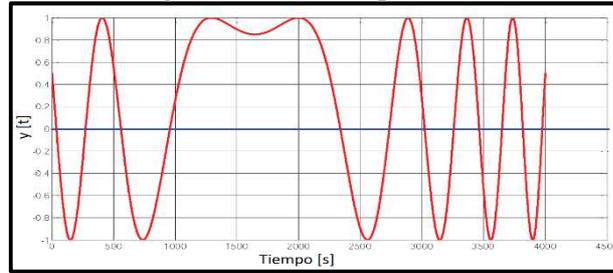
Las señales no periódicas es aquella que no se repite.

Figura 5. Señal periódica



Fuente: <http://goo.gl/dVi9nk>

Figura 6. Señal no periódica



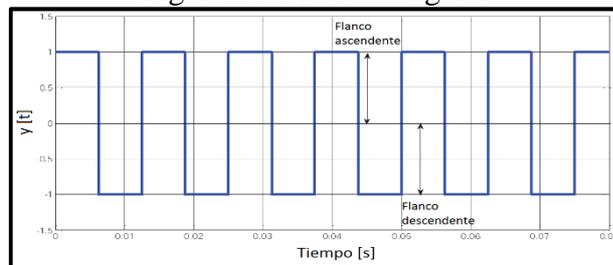
Fuente:<http://goo.gl/ARFhAL>

**2.1.6 Señales rectangulares.** Las señales rectangulares son aquellas que pueden adoptar solamente dos valores (en general dos niveles de tensión) diferentes que suelen ser variables. (MANDADO, 1995)

Las señales rectangulares suelen ser de dos:

- Onda cuadrada: En las que la relación entre los tiempos en que la señal adopta una u otra de las tensiones es la unidad.
- Impulsos de ondas rectangulares: En las que ambos intervalos de tiempo son diferentes. (MANDADO, 1995)

Figura 7. Señal rectangular

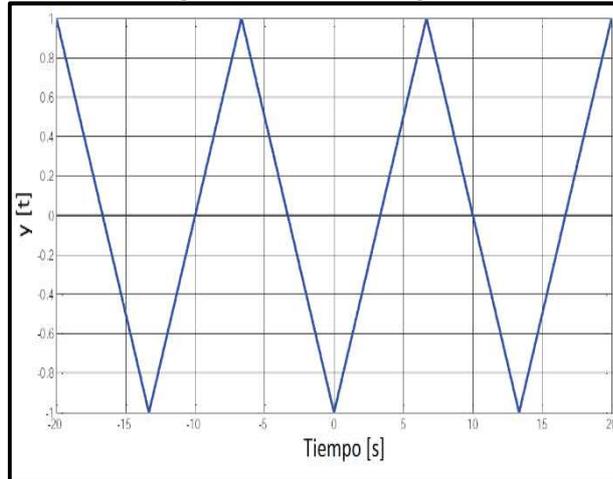


Fuente:<http://goo.gl/hGFs5x>

**2.1.7 Señales triangulares.** Las señales triangulares pueden ser simétricas, en la pendiente del tramo ascendente es igual a la del descendente o bien no simétricas con la pendiente de bajada superior a la de subida, pudiendo llegar a  $90^\circ$ . (MANDADO, 1995)

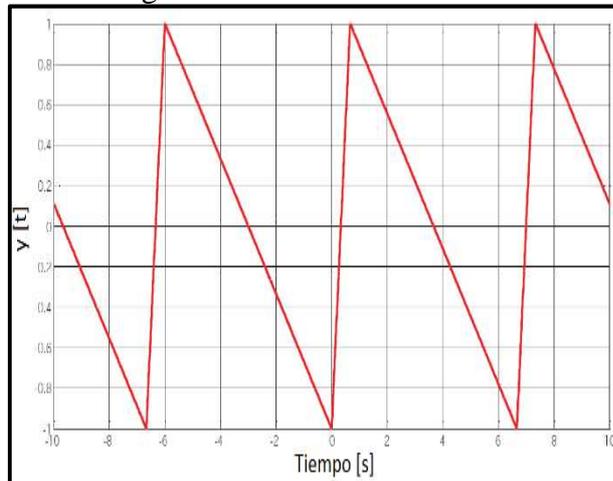
Cundo las señales triangulares son constantes tanto en crecimiento, decrecimiento y las pendientes son iguales la señal será triangular, si es al caso contrario se les llama diente de sierra.

Figura 8. Señal triangular



Fuente:<http://goo.gl/aXQ77a>

Figura 9. Señal diente de sierra



Fuente:<http://goo.gl/aXQ77a>

**2.1.8 Señal senoidal.** La señal senoidal representa valor de tensión de corriente alterna que varía a través del tiempo, cada cierto intervalo de tiempo la señal cambia su polaridad pudiendo ser positiva o negativa.

Aunque todas las señales en las comunicaciones electrónicas no son ondas senoidales o cosenoidales de una sola frecuencia, muchas de ellas sí lo son, y las que no lo son se puede representar con una combinación de fusiones de seno o de coseno.

Las señales eléctricas son variables de voltaje, o de corriente, respecto al tiempo, que se pueden representar por una serie de ondas seno o coseno. (TOMASI, 2003)

Si una señal senoidal se desfasa 90° en adelante, se obtiene una señal denominada cosenoidal.

Descripción matemática de una onda de voltaje o de corriente con frecuencia única es:

$$v(t) = V \operatorname{sen}(2\pi ft + \theta) \text{ o } v(t) = V \operatorname{cos}(2\pi ft + \theta) \quad (2)$$

$$i(t) = I \operatorname{sen}(2\pi ft + \theta) \text{ o } i(t) = I \operatorname{cos}(2\pi ft + \theta) \quad (3)$$

Dónde:

$v(t)$  = voltaje de la onda senoidal, variable respecto al tiempo  $t$

$i(t)$  = corriente de la onda senoidal, variable respecto al tiempo  $t$

$V$  = voltaje máximo (volts)

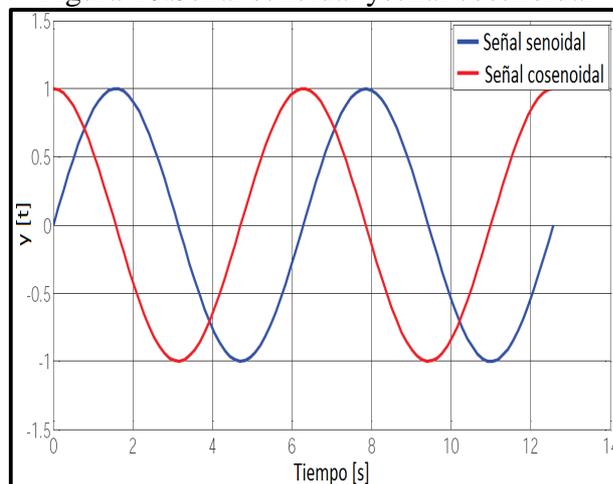
$f$  = frecuencia (Hertz)

$\theta$  = desplazamiento de fase (radianes)

$I$  = corriente máxima (amperes)

$2\pi f = \omega$  velocidad angular (radianes por segundo)

Figura 10. Señal senoidal y señal cosenoidal



Fuente: <http://goo.gl/SmHRzK>

## 2.2 Parámetros de la corriente alterna

- Valor máximo: El valor máximo de pico o de cresta de una señal corriente alterna es el máximo valor que puede tomar la fem entre los bornes de salida.

- Valor pico a pico: A menudo, en vez de utilizar el valor de pico de una señal de alterna, es frecuente utilizar el valor pico de la señal, definido como dos veces el valor máximo.
- Valor medio: El valor medio de una señal senoidal pura es cero. Ahora bien se define el valor medio como la media algebraica de los valores instantáneos en un periodo.(MARTÍNEZ, 2003)

$$\text{Valor medio} = \frac{\text{Area bajo la curva}}{\text{Periodo (Segundos)}} \quad (4)$$

$$\text{Valor medio} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (5)$$

Dónde:

T = periodo

f(t) = función matemática de periodo T

- Valor cuadrático: El valor cuadrático medio o RMS (del inglés Root Mean Square) o eficaz es utilizado con mayor frecuencia que el valor medio. Esto se debe a que el valor medio de una señal simétrica (iguales áreas debajo de la curva tanto positiva como negativa) es cero, y este dato no aporta ninguna información útil sobre las propiedades de la misma. El valor eficaz de una señal se relaciona con la energía que debería ser suministrada por una señal continua a un mismo circuito eléctrico para obtener idénticos resultados que con la señal periódica alterna. Para su cálculo, se eleva al cuadrado la función de dicha onda (hace que los obtenidos sean siempre positivos aunque la señal poseen valores negativos) sobre la cual se calcula su valor medio y se efectúa la raíz cuadrada del resultado obtenido. (RODRÍGUEZ, 2012)

Matemáticamente, dada la función f(t) de periodo T, se expresa como:

$$\text{Valor RMS (eficaz)} = \sqrt{\text{Valor medio}[f(t)]^2} \quad (6)$$

$$\text{Valor RMS (eficaz)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [f(t)]^2 dt} \quad (7)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V_m \cdot \text{sen}(wt))^2 dt} \quad (8)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left( \frac{V_m^2 \cdot T}{2} - \frac{V_m^2 \cdot \text{sen}(wT) \cdot \text{cos}(wT)}{2w} \right)} \quad (9)$$

Por lo tanto, el valor RMS de la onda senoidal es

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \quad (10)$$

Dónde:

$V_{RMS}$ = Valor RMS de la onda senoidal

$f(t)$  = Función matemática de periodo T

$V_M$  = Valor máximo de la onda senoidal

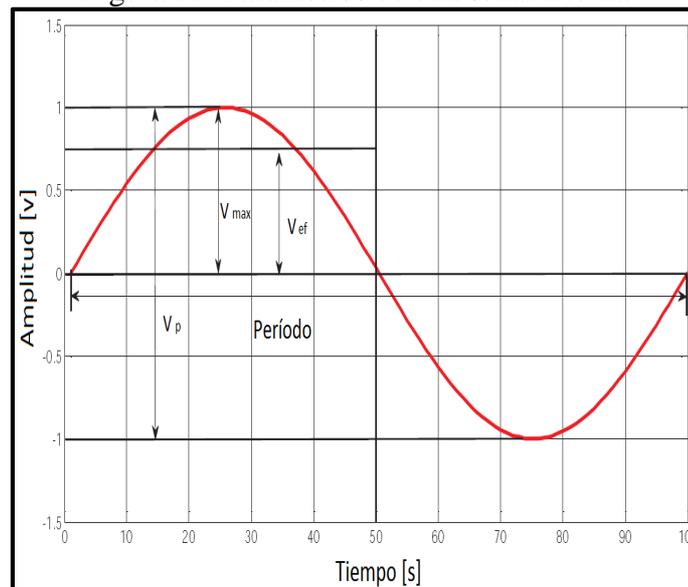
$V_P$ = Valor pico en volts, [V].

$F$  = Frecuencia en Hertz, [Hz].

$2\pi$ = Desfase angular medido en radianes, [rad].

$WT = 2\pi f =$  velocidad angular en radianes por segundo, [rad/s].

Figura 11. Parámetros de una señal alterna



Fuente: <http://http://goo.gl/JMQyB>

## 2.3 Semiconductores

Un semiconductor es un componente que consigue tener dos estados como un conductor de corriente, pero también como un aislante. En un conductor la corriente es debida al movimiento de las cargas negativas (electrones). En los semiconductores se producen corrientes producidas por el movimiento de electrones como de las cargas positivas (huecos).

Los semiconductores más conocidos son el silicio (Si) y el germanio (Ge), estos elementos pueden ser fabricados con un alto nivel de pureza, suelen ser aislantes a cero grados Kelvin, y permiten el paso de corriente a la temperatura ambiente. Esta capacidad de conducir corriente puede ser controlada mediante la introducción en el material de átomos diferentes al del semiconductor, denominados impurezas.

Cuando un semiconductor posee impurezas se dice que está dopado. Son elementos, como el germanio (Ge) y el silicio (Si), que a bajas temperaturas son aislantes. Pero a medida que se eleva la temperatura o bien por la adición de determinadas impurezas resulta posible su conducción. Su importancia en electrónica es inmensa en la fabricación de transistores, circuitos integrados, etc.

Algunas de las cualidades únicas del silicio (Si) y el germanio (Ge) se debe a su estructura atómica. Los átomos de ambos materiales forman un patrón muy definido que es periódico en naturaleza (esto es que continuamente se repite el mismo). A un patrón completo de se le llama cristal, y al arreglo periódico de los átomos, red cristalina. Para el silicio (Si) y el germanio (Ge) el cristal tiene la estructura de diamante de tres dimensiones.

Cualquier material compuesto sólo de estructuras repetidas de cristal del mismo tipo se denomina estructura de cristal único. Para los materiales semiconductores de aplicación práctica en el campo de la electrónica, esta característica de cristal único existe y además la periodicidad de la estructura no cambia en forma significativa con la adición de impurezas en el proceso de dopado.

El átomo se compone de tres partículas básicas, el electrón, el protón y el neutrón. En la red atómica, los neutrones y los protones forman el núcleo, mientras que los electrones

se mueven alrededor del núcleo sobre una órbita fija. En el átomo de silicio (Si) tiene 14 electrones en varias orbitas minetas que el germanio (Ge) tiene 32 electrones en órbita. En cada caso, existen cuatro electrones en la órbita exterior (valencia). El potencial (potencial de ionización) que requiere para movilizarse cualquiera de estos cuatro electrones de valencia, es menor que el requerido por cualquier otro electrón dentro de la estructura. En un cristal puro de silicio (Si) o de germanio(Ge) estos cuatro electrones de valencia se encuentran unidos a cuatro átomos adjuntos.

**2.3.1** *Semiconductores intrínsecos.* Los semiconductores intrínsecos son aquellos que han sido cuidadosamente refinados para reducir las impurezas un nivel muy bajo es un semiconductor puro. A temperatura ambiente se comportan como aislantes porque solo tiene unos pocos electrones libres y huecos debidos a la energía térmica.

En un semiconductor intrínseco también hay flujo de electrones y huecos, aunque la corriente total resultante sea cero. Esto se debe a que por acción de la energía térmica se producen los electrones libres y los huecos por pares, por lo tanto es cero.(SEMICONDUCTORES, 2014)

En el cristal de silicio (Si) o germanio (Ge) que forma una estructura tetraédrica similar a la del carbono mediante enlaces covalentes entre sus átomos. Cuando el cristal se encuentra a temperatura ambiente algunos electrones pueden absorber la energía necesaria para saltar a la banda de conducción dejando el correspondiente hueco en la banda de valencia (1). Las energías requeridas, a temperatura ambiente, son de 1,12 eV y 0,67 eV para el silicio y el germanio respectivamente.

**2.3.2** *Semiconductores extrínsecos.* Los semiconductores extrínsecos pueden ser alterados significativamente por la adición de ciertos átomos de impurezas a un material semiconductor relativamente puro.

Estas impurezas, aunque sólo haya sido añadido 1 parte en 10 millones, pueden alterar en forma suficiente la estructura de la banda y cambiar totalmente las propiedades eléctricas del material.

Al semiconductor que haya sido sujeto al proceso del dopado se denomina un semiconductor extrínseco.(BOYLESTAD, 1997)

### 2.3.3 *Semiconductores N y P*

**2.3.3.1 *Semiconductor tipo N.*** El semiconductor tipo N como el tipo P se forman mediante la adición de un número predeterminado de átomos de impurezas al silicio (Si) y al germanio (Ge). El tipo N se crea a través de la introducción de elementos de impurezas que posee cinco electrones de valencia (pentavalentes), como el antimonio, arsénico y fósforo, utilizando el antimonio como impureza en el silicio (Si).

Cuando un elemento con cinco electrones de valencia entra en la red cristalina del silicio (Si), se completan los cuatro electrones de valencia que se precisan para llenar al equilibrio y queda libre un quinto electrón que le hace mucho mejor al conductor. De un semiconductor dopado con impurezas pentavalentes se dice que es de tipo N.(BOYLESTAD, 1997)

**2.3.3.2 *Semiconductor tipo P.*** Un semiconductor tipo P se forma mediante el dopado de un cristal puro de silicio (Si) o germanio (Ge) con átomos de impurezas que poseen tres electrones de valencia. Los elementos que se utilizan con más frecuencia para este propósito son el boro, galio e indio. Si se introduce una impureza trivalente en la red cristalina del silicio, se forman tres enlaces covalentes con tres átomos de silicio vecinos, quedando un cuarto átomo de silicio con un electrón sin enlazar, provocando un hueco en la red cristalina. De un semiconductor dopado con impurezas trivalentes se dice que es de tipo P.(BOYLESTAD, 1997)

**2.3.4 *Diodo semiconductor.*** Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permiten la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido.

El diodo consiste en la “unión” de un semiconductor P y un semiconductor N (Diodo de unión PN). Los semiconductores contienen cargas móviles positivas y negativas. Un semiconductor P es un semiconductor que tiene más cargas móviles positivas que negativas, mientras que el N tiene más cargas negativas que positivas. Cuando se aplica una tensión positiva al P respecto al N circula una corriente de valor elevado en el sentido de P a N, mientras que cuando la polaridad de la tensión se invierte, la corriente

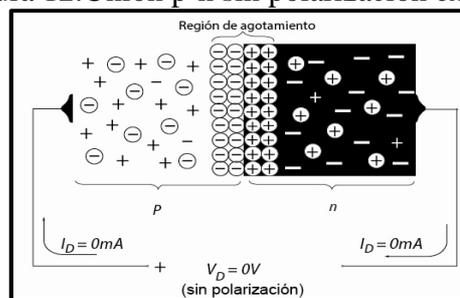
cambia se sentido y es casi nula. El semiconductor P constituye en ánodo del diodo y el N en cátodo.

El diodo a través de sus terminales permite tres posibilidades, sin polarización ( $V_D = 0V$ ), polarización directa ( $V_D > 0V$ ) y polarización inversa ( $V_D < 0V$ ).

**2.3.4.1 Sin polarización aplicada ( $V_D = 0V$ ).** Sin polarización cualquiera de los portadores minoritarios (huecos) en el material tipo N que se encuentra dentro de la región de agotamiento, pasara directamente al material tipo P. Mientras más cercano se encuentre el portador minoritario a la unión mayor será la atracción de la capa de iones negativos y menor la oposición de iones positivos en la región de agotamiento del material tipo N. Se supone que todos los portadores minoritarios del materia tipo N que se localiza en la región de agotamiento debido a su movimiento aleatorio pasarán directamente al materia tipo P. Se puede considerar que algo similar pasa con los portadores minoritarios (electrones) del material tipo P.

En ausencia de un voltaje de polarización aplicado, el flujo neto de la carga en cualquier dirección para un diodo semiconductor es cero.

Figura 12.Unión p-n sin polarización externa



Fuente: Autores

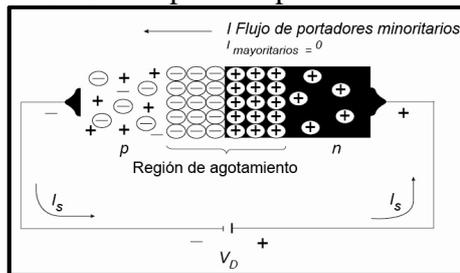
**2.3.4.2 Polarización inversa ( $V_D < 0V$ ).** Si un potencial externo de voltaje, se aplica a través de la unión P-N de manera que la terminal positiva se encuentre conectada con el material tipo N y la terminal negativa, conectada con el material tipo P, el número de iones positivos en la región de agotamiento del material tipo N se incrementará debido al gran número de electrones “libres” atraídos por el potencial positivo del voltaje aplicado.

Lo mismo ocurre con el número de iones negativos los cuales se incrementan en el material tipo P. Debido a ésta, la región de agotamiento se ampliará y se establecerá una barrera de potencial demasiado grande para ser superada por los portadores mayoritarios.

A la corriente que existe bajo las condiciones de polarización inversa se llama corriente de saturación inversa, y se representa mediante  $I_s$ .

La corriente de saturación inversa rara vez es mayor que unos cuantos microamperios, con excepción de los dispositivos de alta potencia. Por lo regular se encuentra en el rango de nanoamperes para dispositivos de silicio y en el rango de microamperios para dispositivos de germanio.

Figura 13. Unión p-n con polarización inversa



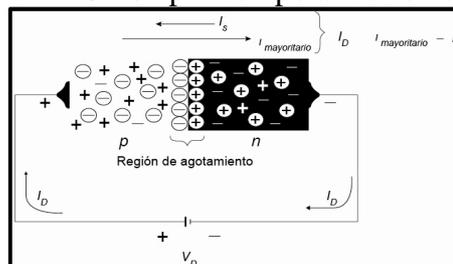
Fuente: Autores

### 2.3.4.3 Polarización directa ( $V_D > 0V$ )

Una condición de polarización directa o “encendido” se establece al aplicar el potencial positivo al material tipo P y el potencial negativo al material tipo N.

Un diodo semiconductor tiene polarización directa cuando se ha establecido la asociación tipo P positivo y tipo N negativo. (BOYLESTAD, 1997)

Figura 14. Unión p-n con polarización directa



Fuente: Autores

La aplicación de un potencial de polarización directa  $V_D$  “presionara” los electrones en el material tipo N y los huecos en el material tipo P para que se recombinen con los iones cercanos a la unión y reducirá el ancho de la región de agotamiento, esto ha generado un gran flujo de portadores mayoritarios a través de la unión, debido a la pequeña región de agotamiento y a una fuerte atracción del potencial positivo aplicado al material tipo P. Mientras se incrementa en magnitud la polarización aplicada, la región de agotamiento continuará disminuyendo su anchura hasta que un flujo de electrones pueda pasar a través de la unión, esto da como resultado un incremento exponencial en la corriente, en general el voltaje de un diodo de polarización directa será de menos de 1V.

A través del empleo de la física del estado sólido se puede demostrar que las características generales de un diodo semiconductor se pueden definir mediante la siguiente ecuación:

$$I_D = I_S(e^{KV_D/T_K} - 1) \quad (11)$$

Dónde:

$I_S$  = Corriente de saturación

$K = 11600/\eta$  con  $\eta = 1$  para el germanio y  $\eta$  para el silicio

$T_K = T_c + 273^\circ$

Por lo tanto tenemos que:

$$I_D = I_S(e^{KV_D/T_K} - 1) \quad (12)$$

Para valores positivos de  $V_D$  el primer término de la ecuación anterior crecerá con mayor rapidez y superará el efecto de segundo término.

El resultado será positivo para los valores positivos de  $V_D$  e  $I_D$  y crecerá en forma exponencial. Para valores negativos de  $V_D$  el primer término disminuirá rápidamente debajo de  $I_S$  dando como resultado  $I_D = -I_S$ .

## 2.4 Circuitos rectificadores

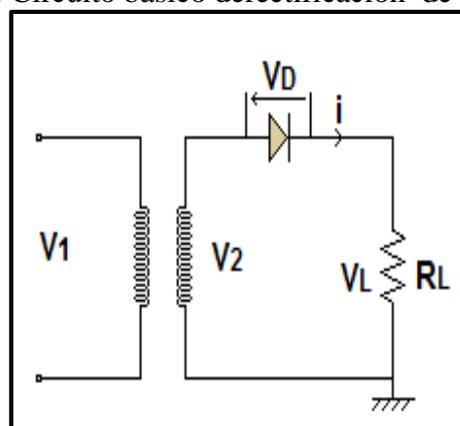
Un circuito rectificador se conoce aquel que tiene la función de convertir o rectificar la corriente alterna (C.A) en corriente directa (C.D). Esto se realiza utilizando diodos rectificadores de estado sólido, los tipos de rectificación pueden ser media onda, cuando se elimina los ciclos negativos o positivos de la CA o de onda completa cuando los semiciclos negativos de la corriente CA se convierte en positivos.

Un rectificador ideal refleja exactamente ya sea la polaridad positiva o negativa de su entrada y entrega una salida cero para la polaridad no deseada. Se puede considerar a cualquier circuito que responda con preferencia a una polaridad de su entrada como un circuito rectificador.

**2.4.1 Rectificación de media onda.** En esta configuración el diodo semiconductor, sea capaz de convertir una onda senoidal de entrada (cuyo valor medio es cero) en una onda unidireccional (aunque no constante) con una componente media no nula.

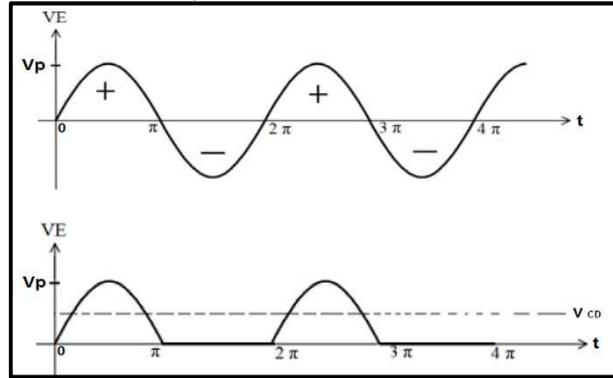
Para realizar esta operación se utilizan diodos semiconductores que conforman circuitos rectificadores. Inicialmente se reduce la tensión de la red de 127 Vrms a 60 Hz a un más bajo como 12 0 15 Voltios. El rectificador de media onda es un circuito empleado para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna de entrada ( $V_i$ ) convirtiéndola en corriente continua de salida ( $V_o$ ).

Figura 15. Circuito básico de rectificación de media onda



Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

Figura 16. Entrada y salida del rectificador de media onda



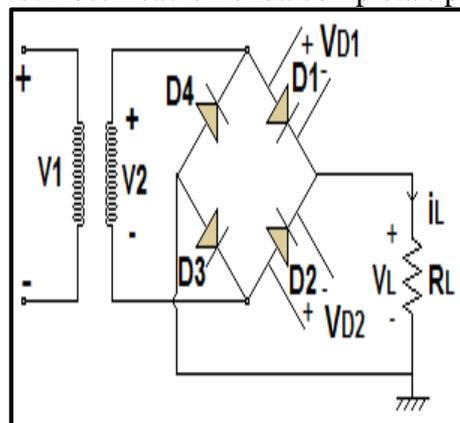
Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

Se puede destacar que la tensión en la carga es unidireccional (positiva) pero no continua (constante). Esta forma de onda no es la deseada para alimentar dispositivos electrónicos, que generalmente requieren una alimentación constante.

**2.4.2 Rectificación de onda completa.** El rectificador de onda completa es el circuito empleado para convertir una señal de CA de entrada ( $V_i$ ) en CD de salida ( $V_o$ ) pulsante. A diferencia del rectificador de media onda, en este caso, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convierte en negativa, según se necesite una señal positiva o negativa de CD.

**2.4.3 Rectificador tipo puente.** En este caso se emplean cuatro diodos. Al igual que antes, sólo son posibles dos estados de conducción, o bien los diodos 1 y 3 están en directa y conducen (tensión positiva) o por el contrario son los diodos 2 y 4 se encuentran en inversa y conducen (tensión negativa).

Figura 17. Rectificación onda completa tipo puente

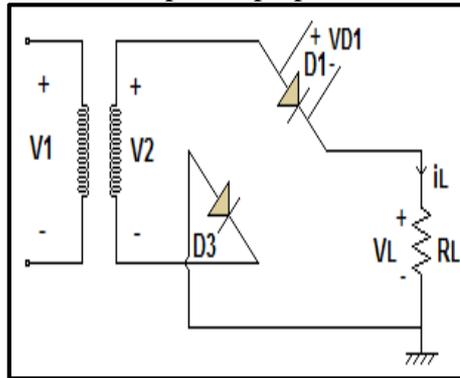


Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

Mediante el uso de 4 diodos en vez de 2, este diseño elimina la necesidad de la conexión intermedia del secundario del transformador.

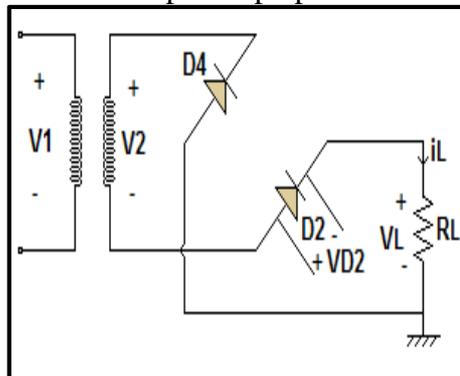
La ventaja de no usar dicha conexión es que la tensión en la carga rectificada es el doble que la que se obtendría con el rectificador de onda completa con 2 diodos.

Figura 18. Rectificación de onda completa tipo puente con tensión de entrada positiva



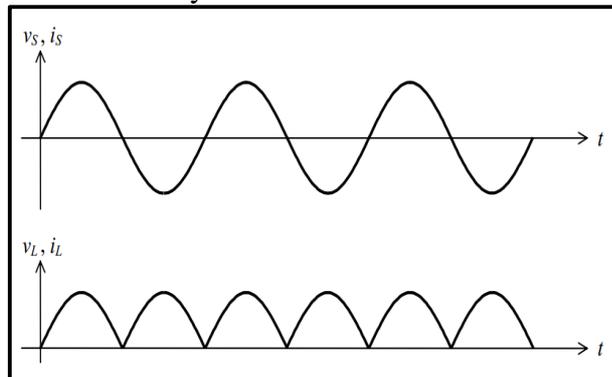
Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

Figura 19. Rectificación de onda completa tipo puente con tensión de entrada negativa



Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

Figura 20. Entrada y salida del rectificador onda completa



Fuente: <http://goo.gl/8bRo7W>

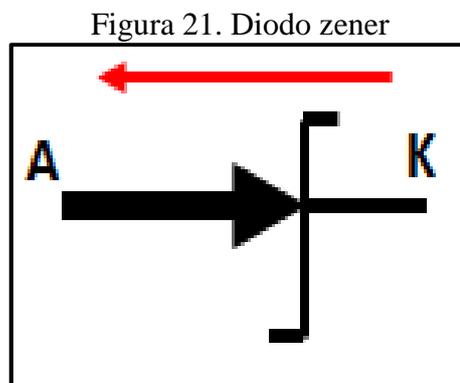
Con el rectificador de onda completa, se aprovecha de la totalidad de la onda de entrada, y además, la corriente por la fuerza ya no es unidireccional como la que circula por la carga.

## 2.5 Diodos zener

El diodo zener es un tipo especial de diodo, que siempre se utiliza polarizado inversamente. Recordar que los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa), conducen en el sentido de la flecha.

En este caso la corriente circula en contra de la flecha que representa el diodo. Si el diodo zener se polariza en sentido directo se comporta como un diodo rectificador común. Cuando el diodo zener funciona polarizado inversamente mantiene entre sus terminales un voltaje constante.(DIODO ZENER, 2013)

En el gráfico de la figura 21 se ve el símbolo de diodo zener (A- ánodo, K- cátodo) y el sentido de la corriente para que funcione en la zona operativa.

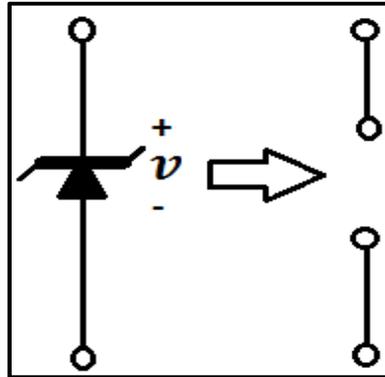


Fuente:<http://goo.gl/tQXqsL>

Se analizará el diodo zener, no como un elemento ideal, si no como un elemento real y se debe tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso si existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor. El modelo utilizado para el estado de “encendido” del diodo zener figura 22 y para el estado “apagado” definido por un voltaje menor que  $V_Z$  pero mayor que 0 V con la

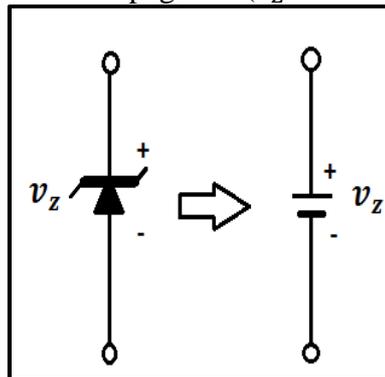
polaridad que se indica figura 23, el modelo equivalente zener es el circuito abierto mostrado en la misma figura.

Figura 22. “Encendido”



Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

Figura 23. “Apagado” ( $V_Z > V > 0 V$ )



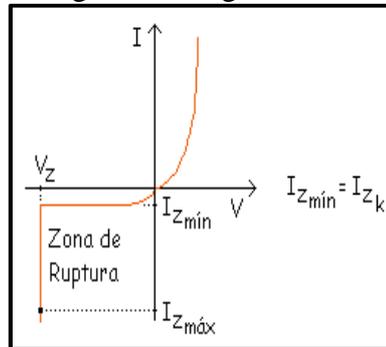
Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

**2.5.1 Región zener.** Una aplicación de un voltaje demasiado negativo dará como resultado un cambio brusco en las características como se muestra figura 24. La corriente se incrementa en una proporción muy rápida en dirección opuesta a la de la región de voltaje positivo. Al potencial de polarización inversa que resulta de éste dramático cambio en las características se denomina “Potencial zener” y se asigna el símbolo  $V_Z$ .

Al ir incrementando el voltaje negativo, llega a un punto en donde se establece una elevada corriente de avalancha y determina la región de rompimiento de avalancha. A este cambio en la característica a cualquier nivel se la conoce como: Región zener y a estos diodos que aprovechan esta característica se los denomina: Diodos zener.

El máximo potencial de polarización inversa que puede aplicarse antes de entrar en la región zener se denomina Voltaje de Pico Inverso (VPI). (BOYLESTAD, 1997).

Figura 24. Región zener



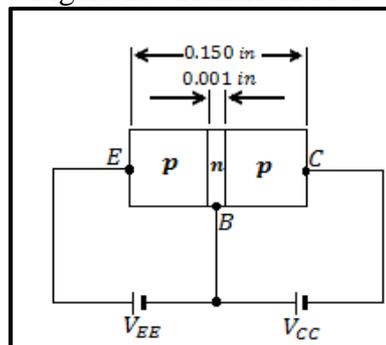
Fuente: <http://goo.gl/qaKL9d>

## 2.6 Transistores bipolares

Este dispositivo transistor de estado sólido de tres terminales es pequeño y ligero no requiere de calentamiento o disipación de calor, su construcción es resistente y es más eficiente debido a que consume menos potencia y sus voltajes de operación son más bajos. Estos dispositivos constan de por lo menos de tres terminales la cual una de ellas controla el flujo de electrones de las otras dos terminales.

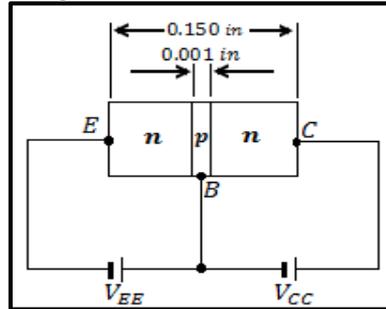
**2.6.1 Construcción de los transistores.** El transistor consta de tres capas de las cuales dos de ellas son de material tipo-n y una capa tipo-p o por lo contrario dos capas de material tipo-p y una del tipo-n. Al primero se lo llama Transistor NPN y al segundo transistor PNP.

Figura 25. Transistor PNP



Fuente: Autores

Figura 26. Transistor NPN



Fuente: Autores

La capa del emisor se encuentra fuertemente dopada, la base ligeramente dopada y el colector muy poco dopado. El dopado de la capa central es también menor que el dopado de las capas exteriores (casi siempre 10:1 o menos). Este nivel bajo de dopado disminuye la conductividad (aumenta la resistencia) de este material al limitar el número de portadores “libres”.

Las terminales se indican mediante las literales E para el emisor, C para el colector y B para la base. La abreviatura BJT significa: Transistor Bipolar de Unión. El término bipolar refleja el hecho de que los huecos y los electrones participan en el proceso de inyección hacia el material polarizado en forma opuesta. Si solo se utiliza un portador (electrón o hueco) es llamado un dispositivo unipolar.

## 2.7 Configuración base común

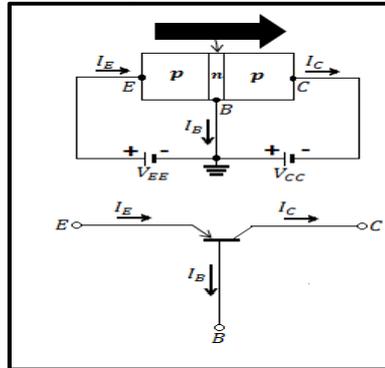
La configuración base común se deriva del hecho de que la base es común tanto a la entrada como a la salida de la configuración. Por lo regular la base es la terminal más cercana a, o que se encuentra en, el potencial de tierra.

Respecto al flujo de electrones, se utiliza el flujo convencional, y las flechas en los símbolos electrónicos tienen una dirección definida para esta convención. Para el transistor la flecha en el símbolo gráfico define la dirección de la corriente del emisor (Flujo convencional) a través del dispositivo.

Para describir en su totalidad el comportamiento de un dispositivo de tres terminales, como los amplificadores de base común figuras 27-28, se requieren de dos conjuntos de

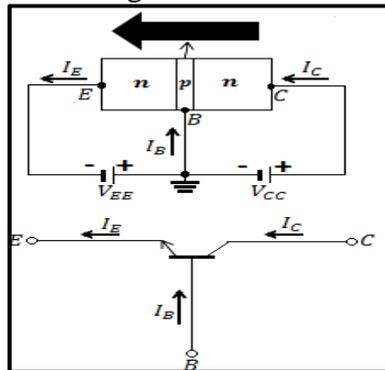
características, uno para el punto de excitación o parámetros de entrada y el otro para el lado de salida.(BOYLESTAD, 1997)

Figura 27. Símbolos de la configuración de base común del transistor PNP



Fuente: Autores

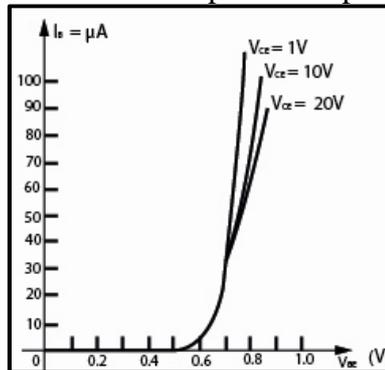
Figura 28. Símbolos de la configuración de base común del transistor NPN



Fuente: Autores

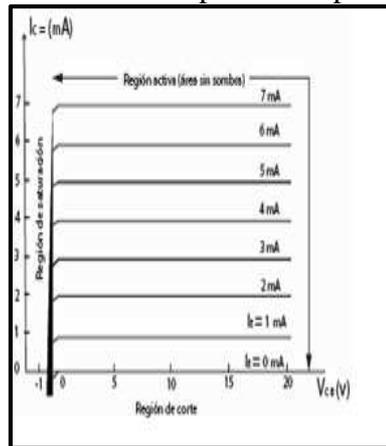
En la figura 29, amplificador base común relacionando la corriente de entrada  $I_E$  con un voltaje de entrada  $V_{BE}$  para varios niveles de voltaje de salida  $V_{CB}$ .

Figura 29. Característica de entrada para el amplificador de base común



Fuente: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

Figura 30. Característica de salida para el amplificador de base común



Fuente: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

El conjunto de salida relacionará la corriente de salida  $I_C$  con un voltaje de salida  $V_{CE}$  para varios niveles de corriente de entrada  $I_E$  según se muestra figura 30.

Este conjunto de características de la salida o colector tiene tres regiones básicas de interés las cuales son: Las regiones activa, de corte y de saturación.

En la región activa la unión base-colector se polariza inversamente, mientras que la unión emisor-base se polariza directamente.

La corriente de emisor se incrementa por arriba de cero, la corriente del colector aumenta a una magnitud igual a la corriente de emisor determinada por las relaciones básicas de corriente en el transistor.

$$I_C = I_E \quad (13)$$

Dónde:

$I_C$  = Corriente del colector

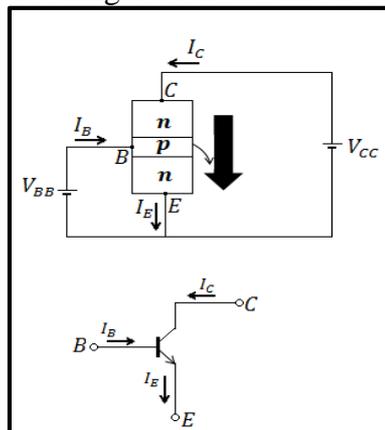
$I_E$  = Corriente del emisor

En la región de corte, tanto la unión base-colector como la unión base-emisor de un transistor tienen polarización inversa. La región de saturación se define como la región a la izquierda de las características de  $V_{CB} = 0V$ . En la región de saturación, tanto la unión base-colector como la unión base-emisor están en polarización directa.

## 2.8 Configuración de emisor común

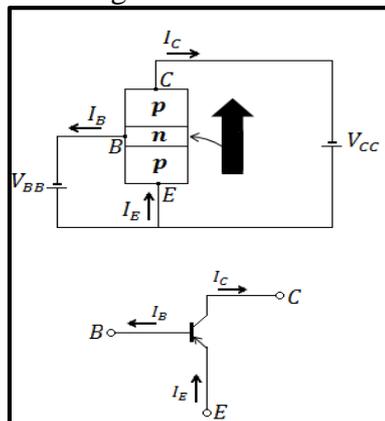
La configuración emisor común es la que se encuentra más a menudo y se la utiliza para los dos tipos de transistores, se la denomina configuración de emisor común debido a que el emisor es común o hace referencia a las terminales tanto de entrada como de salida figuras 31-32. Las corrientes de emisor, colector y base se muestran en su dirección convencional para la corriente.

Figura 31. Símbolos de la configuración de emisor común del transistor NPN



Fuente: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

Figura 32. Símbolos de la configuración de emisor común del transistor PNP



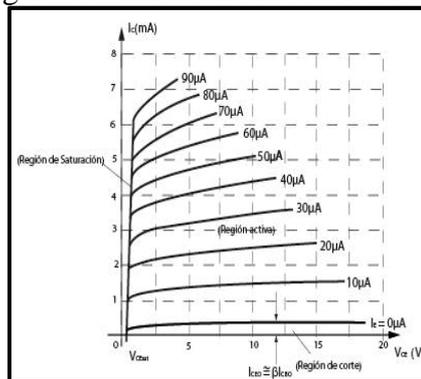
Fuente: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

Las características de salida son una gráfica de la corriente de salida  $I_C$  en función del voltaje de salida  $V_{CE}$  para un rango de valores de corriente de entrada  $I_B$  y las características de entrada son una gráfica de la corriente de entrada  $I_B$  en función del voltaje de entrada  $V_{BE}$  para un rango de voltajes de salida  $V_{CE}$ .

La magnitud de  $I_{Bse}$  encuentra en microamperios, comparado con los miliamperios de  $I_c$ . Aquí las curvas de  $I_{Bno}$  son tan horizontales como en la configuración de base común, esto indica que el voltaje del colector al emisor tendrá influencia sobre la magnitud de la corriente de colector.

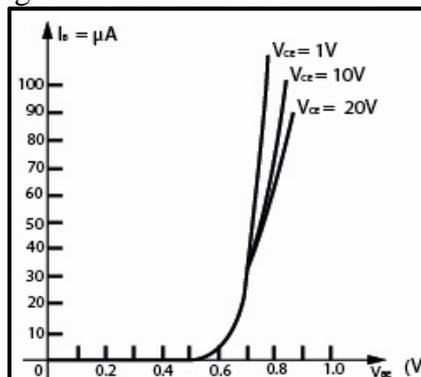
La región normal activa de la configuración de emisor común se emplea para la amplificación de voltaje, corriente o potencia. (BOYLESTAD, 1997)

Figura 33. Características del colector



Fuente: Teoría de Circuitos, Boylestad L Robert

Figura 34. Características de la base

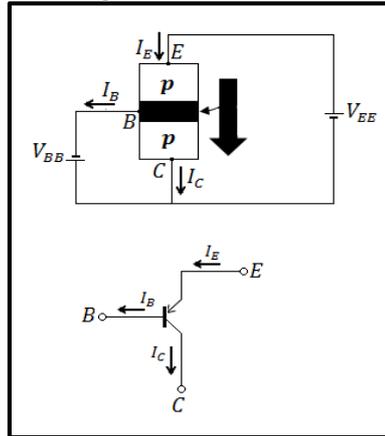


Fuente: Teoría de Circuitos, Boylestad L Robert

## 2.9 Configuración de colector común

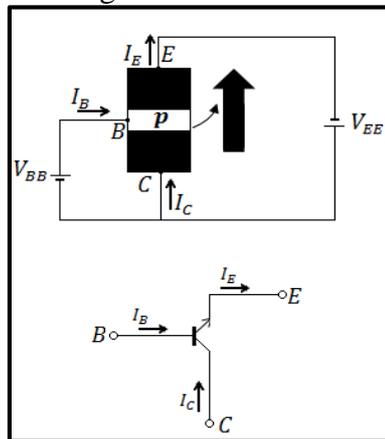
La configuración de colector común se utiliza sobre todo para propósitos de acoplamiento de impedancia, debido a que tiene una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida, muy contrario a las configuraciones de base común y de un emisor común.

Figura 35. Símbolos de la configuración de colector común del transistor PNP



Fuente: Teoría de Circuitos, Boylestad L Robert

Figura 36. Símbolos de la configuración de colector común del transistor NPN



Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos, Boylestad L Robert

Para propósitos prácticos, las características de salida para la configuración de colector común son las mismas que para la configuración de emisor común. Para la configuración de colector común, las características de salida son una gráfica de  $I_E$  en función  $V_{EC}$  para un rango de valores de  $I_B$ .

## 2.10 Conexión cascada

Es una conexión popular de etapas de amplificador, básicamente una conexión en cascada es una conexión en serie con la salida de una etapa aplicada como entrada a la segunda etapa. La figura 37 muestra la conexión en cascada de dos etapas de amplificador a FET. La conexión en cascada proporciona una multiplicación de la ganancia de cada etapa para una mayor ganancia general.

La ganancia general del amplificador en cascada es el producto de las ganancias  $A_{V_1}$  y  $A_{V_2}$  de las etapas. (BOYLESTAD, 1997)

$$A_v = A_{V_1} A_{V_2} = (-g_{m_1} R_{D_1}) (-g_{m_2} R_{D_2}) \quad (14)$$

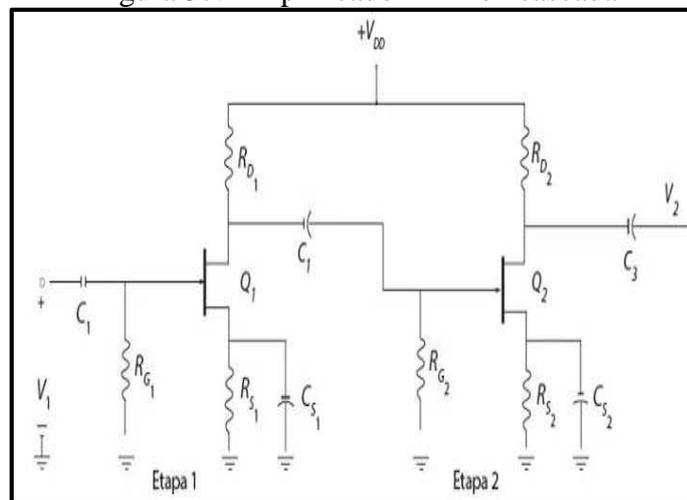
Dónde:

$A_v$  = Ganancia total

$A_{V_1}$  = Ganancia 1

$A_{V_2}$  = Ganancia 2

Figura 37. Amplificador FET en cascada



Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

La impedancia de entrada del amplificador en cascada es la de la etapa 1.

$$Z_i = R_{G_1} \quad (15)$$

I la impedancia de salida es la etapa 2.

$$Z_o = R_{D_2} \quad (16)$$

La función principal de las etapas en cascada es una mayor ganancia global. Debido a que la polarización de CD y los cálculos de AC para un amplificador en cascada siguen aquellos derivados de las etapas individuales.

## 2.11 Conexión darlington

Es una conexión muy popular de dos transistores de unión bipolar para que operen como un transistor con “superbeta” figura 38.

La principal característica de la conexión Darlington es que el transistor actúa como una sola unidad, con una ganancia de corriente, que es el producto de las ganancias de corriente de los transistores individuales.

Si la conexión se hace cuando se utilizan dos transistores separados que tengan ganancias de corriente  $B_1$  y  $B_2$  la conexión Darlington proporcionará una ganancia de corriente de

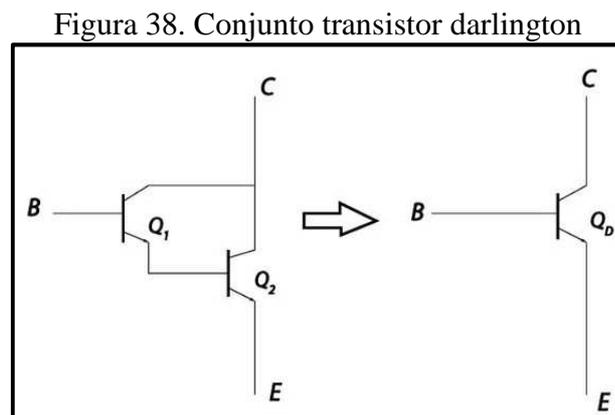
$$\beta_D = \beta_1 \beta_2 \quad (17)$$

Dónde:

$B_D$  = Ganancia total

$B_1$  = Ganancia de corriente 1

$B_2$  = Ganancia de corriente 2



Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

Si los dos transistores están pareados para que  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ , la conexión Darlington de una ganancia de corriente

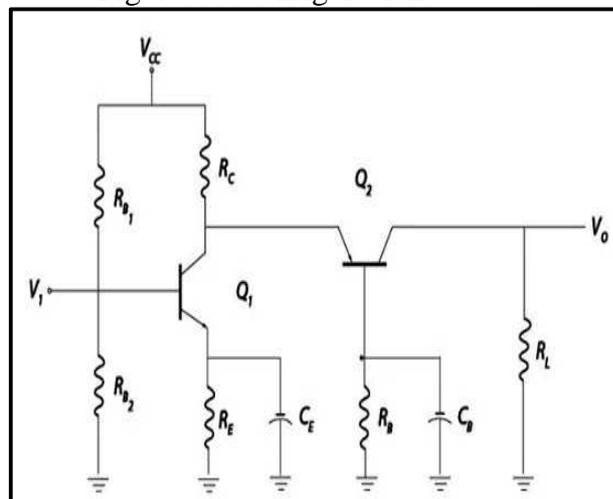
$$\beta_D = \beta^2 \quad (18)$$

Una conexión Darlington de transistores proporciona un transistor que tiene una ganancia de corriente muy grande, casi siempre de unos cuantos miles.(BOYLESTAD, 1997)

## 2.12 Conexión cascode

Una conexión cascode tiene un transistor encima de otro. La figura 38 muestra una configuración cascode con una etapa de emisor común (CE) que alimenta a una etapa de base común (CB). Este arreglo está diseñado para proporcionar una alta impedancia de entrada con una baja ganancia de voltaje. (BOYLESTAD, 1997)

Figura 39. Configuración cascode



Fuente: Fuente: Electrónica: Teoría de Circuitos Boylestad L Robert

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA

En el presente proyecto se implementó una estación para el análisis de señales de corriente alterna en el laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica, para seguir equipando el mismo con nuevos instrumentos electrónicos que cumplan la exigencia de la tecnología actual en el cual los estudiantes podrán realizar prácticas en el área de electrónica.

La estación para el análisis de señales, está conformado por diferentes equipos como un osciloscopio de almacenamiento digital, un generador de funciones arbitrario, un módulo con componentes electrónicos que está compuesto por semiconductores, transistores y una fuente de poder regulable AC/DC, una pinza amperimétrica y un multímetro digital.

#### 3.1 Descripción de la estación de análisis de señales de corriente alterna

La presente estación de análisis de señales de corriente alterna están conformados por diferentes equipos básicos que serán muy útiles al momento de analizar señales de corriente alterna en el manejo de sistemas analógicos basado en semiconductores y transistores.

Figura 40. Equipos que conforman la estación



Fuente: Laboratorio de electrónica

Los equipos a implementarse para la estación son los siguientes:

Tabla 1. Equipos a implementarse para la estación

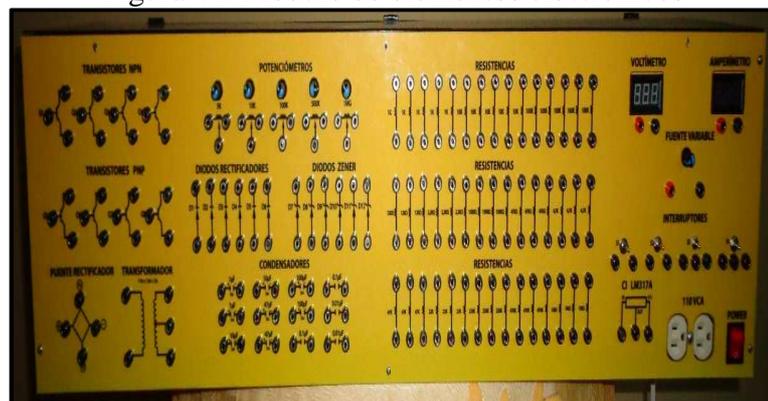
Equipos	Cantidad
Módulo de componentes electrónicos	1
Osciloscopio de almacenamiento digital	1
Generador de funciones arbitrario	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro digital.	1

Fuete: Autores

### 3.2 Descripción de los equipos que conforman la estación de análisis de señales de corriente alterna

3.2.1 *Módulo de componentes electrónicos.* Este módulo está conformado por elementos electrónicos como semiconductores, transistores y una fuente de poder regulable AC/DC. Para el desarrollo de este equipo se tomó como referencia el catálogo general DE LORENZO, cuya función principal ayudará al estudiante para el desarrollo de las prácticas en la asignatura de electrónica.

Figura 41. Módulo de elementos electrónicos



Fuente: Autores

Los elementos se clasifican en sistema eléctrico como sistema mecánico, los mismos que se detalla a continuación. El módulo está diseñado de tal forma que sea fácil de transportar e instalar en el laboratorio de electrónica.

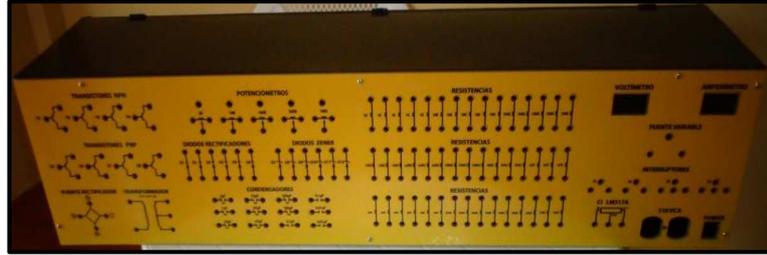
Tabla 2. Elementos que conforman el módulo

Sistema Mecánico	
Elementos	Cantidad
Caja de tol para el montaje de los elementos electrónicos	1
Sistema Eléctrico	
Transistores NPN	4
Transistores PNP	4
Puente rectificador	1
Transformador 110V/24V/2 <sup>a</sup>	1
Potenciómetros	6
Diodos rectificadores	6
Diodos zener	6
Condensadores	12
Resistencias	45
Voltímetro digital	1
Amperímetro digital	1
Fuente variable CA/CD	1
Switch de dos posiciones	2
Switch de tres posiciones	2
LM317A	1
Toma corriente	1
Interruptor	1
Bornes tipo banana	205
Baquelitas perforadas	4
Cable flexible # 18	50m
Cable gemelo	6m
Borneras	60
Otros materiales	
Disipador Pequeño	1
Tapas para perilla del potenciómetro	6
Acrílico	2m

Fuente: Autores

- Caja de tol y acrílico para el montaje de los elementos electrónicos: La caja de tol y acrílico es una estructura que sirve para instalar los componentes electrónicos como semiconductores, transistores y una fuente variable CA/CD, que servirá para proteger e instalar los componentes antes mencionado.

Figura 42. Caja de tol y acrílico para el montaje de los elementos electrónicos



Fuente: Autores

- Fuente de poder regulable 0 a 24 V CD: Esta fuente de alimentación de CD regulada, se diseñó para suministrar energía en el laboratorio de electrónica. Principalmente está compuesto por un circuito de protección, regulador y amplificador de voltaje, esta fuente de poder regulable suministrara una salida de voltaje CD variable de 0 a 24 Voltios para alimentar los componentes electrónicos que conforman las prácticas de laboratorio.

Figura 43. Fuente de poder regulable 0 a 24 V CD



Fuente: CE ROHS-China

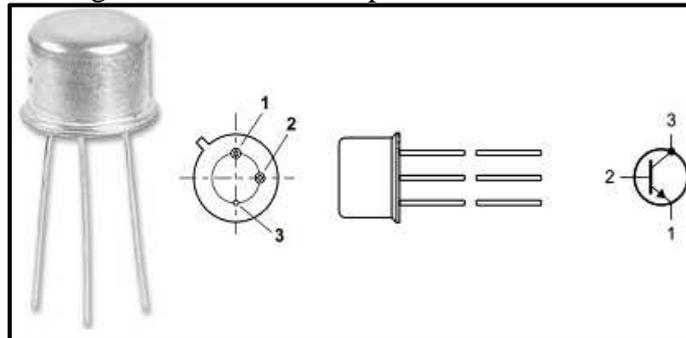
Tabla 3. Características de la fuente de poder regulable 0 a 24 V CD

Fabricante	CE ROHS- China	
Modelo	S-150-24	
Voltaje de salida	24V CD	
Error de voltaje de salida	±1%	
Corriente de salida	6.5 A	
Potencia de salida	150W	
Eficiencia	85%	
Voltaje de entrada	110/220V CA	
Protección de sobrecarga	105 -150 % potencia nominal de salida	
Además pòsese	1	Circuito de protección
	1	Circuito regulador y amplificador de voltaje

Fuente: Autores

- Transistores bipolares NPN y PNP: Los transistores bipolares NPN y PNP son elementos electrónicos que permiten controlar el paso de la corriente a través de sus terminales, es posible controlar una gran potencia a través de una pequeña. Estos transistores están formados por las uniones de PN en un solo cristal semiconductor están conformados por tres regiones el emisor, base y colector.

Figura 44. Transistor bipolar NPN 2N2219A



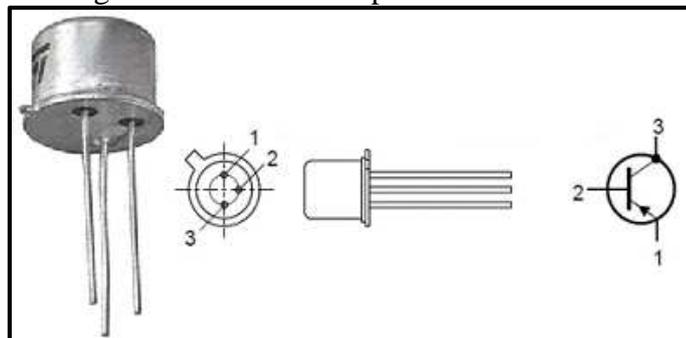
Fuente: PHILIPS

Tabla 4. Características del transistor NPN 2N2219A

Fabricante	PHILIPS
Polaridad del transistor	NPN
Tipo de transistor	2N2219A
Voltaje colector – base	75V MAX.
Voltaje colector – emisor	40V MAX.
Voltaje emisor – base	5V MAX.
Corriente del colector	0.8 A MAX.
Temperatura de funcionamiento máximo	200°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	-65°C
Potencia de disipación	400mW

Fuente: Autores

Figura 45. Transistor bipolar PNP 2N2905A



Fuente: PHILIPS

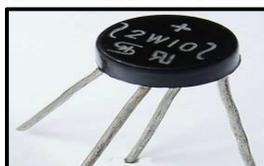
Tabla 5. Características del transistor PNP 2N2905A

Fabricante	PHILIPS
Polaridad del transistor	PNP
Tipo de transistor	2N2905A
Voltaje máxima emisor – base	5V
Voltaje máxima colector – emisor	60V
Voltaje de saturación máxima colector – emisor	1.6V
Voltaje de saturación máxima base – emisor	2.6V
Voltaje base máxima del colector	60V
Frecuencia de funcionamiento máximo	200 MHz
Temperatura de funcionamiento máximo	175°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	-65°C
Potencia de disipación máxima	0,6W

Fuente: Autores

- **Puente rectificador monofásico 2W10:** El puente rectificador es un dispositivo electrónico que sirve para la conversión de la corriente alterna en corriente directa, para este módulo se escogió un puente rectificador 2W10 monofásico de 2.0A redondo por sus excelentes propiedades, posee gran fiabilidad, gran capacidad de corriente y además posee baja caída de tensión directa.

Figura 46. Puente rectificador monofásico 2W10



Fuente: LGE

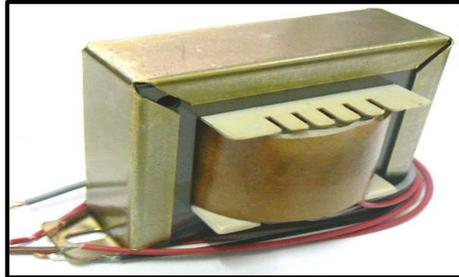
Tabla 6. Características del puente rectificador redondo 2W10

Fabricante	LGE	
Modelo	2W10	
Voltaje inversa de pico de operación	$V_{RWN}$	1000V
Voltaje inversa RMS	$V_{R(RMS)}$	700V
Valor medio de corriente de salida rectificadas	$I_O$	2 A
Voltaje directo (por elemento)	$V_F$	1 V
Temperatura de funcionamiento de la unión	$T_J$	-55°C
Temperatura de funcionamiento de la unión	$T_J$	125°C

Fuente: Autores

- Transformador 110V/24V/2A: El transformador es un componente de corriente alterna que permite variar el voltaje o la intensidad, el módulo cuenta con transformador TF112C-W20 THUNDER 110V/24V/2A.

Figura 47. Transformador TF112C-W20 THUNDER 110V/24V/2A



Fuente: THUNDER USA

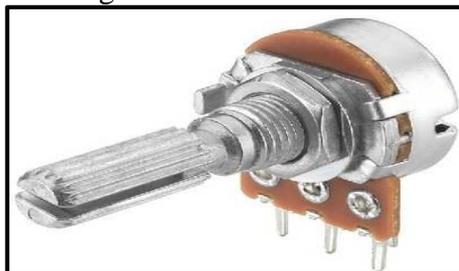
Tabla 7. Característica del transformador TF112C-W20

Fabricante	THUNDER USA
Modelo	TF112C-W20
Voltaje de entrada	110/220V CA
Voltaje de salida	12/24VCA
Corriente de salida	2 A

Fuente: Autores

- Potenciómetros: El potenciómetro es un componente electrónico en el cual su valor de resistencia no es fija es variable, este componente permite controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito, al modificar un contacto móvil giratorio. El presente módulo cuenta con 6 potenciómetros, de los cuales 5 potenciómetros están destinados para las prácticas al conectar en paralelo se controlará la intensidad de corriente o la diferencia de potencial si se conecta en serie, además 1 potenciómetro para variar el voltaje de la fuente de poder regulable 24V CD, sea esta la necesidad de cada práctica de laboratorio.

Figura 48. Potenciómetro



Fuente: CTS Electronic Components

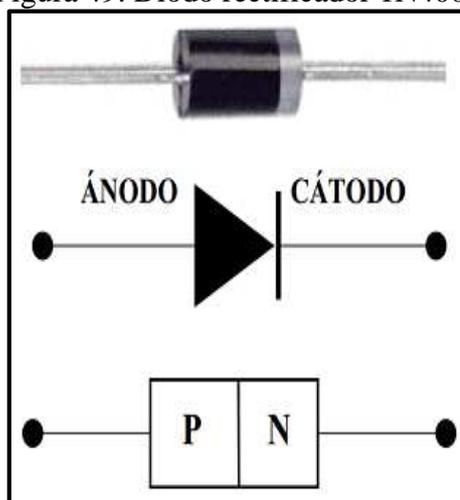
Tabla 8. Características de los potenciómetros

Potenciómetros 5K, 10K, 100K, 500K, 1MG	
Tipo	Pasivo
Principio de funcionamiento	Resistividad
No de vueltas	Simple
Rotación	300°
Material resistivo	Plástico conductor
Resistencia potenciómetro 5K	5kΩ
Resistencia potenciómetro 10K	10kΩ
Resistencia potenciómetro 100K	100kΩ
Resistencia potenciómetro 500K	500kΩ
Resistencia potenciómetro 1MGK	1MΩ

Fuente: Autores

- Diodo rectificador: El diodo es un elemento electrónico que está constituido por la unión P-N, la unión de semiconductores extrínsecos de tipo P con un semiconductor extrínseco N, permitiendo el paso de corriente en un solo sentido.
- El diodo permite el paso de corriente cuando se le polariza directa, positivo de la fuente al ánodo y negativo al cátodo, cuando el diodo no permite el paso de corriente esta polarizado en inversa, el positivo de la fuente al cátodo y el negativo al ánodo.

Figura 49. Diodo rectificador 1N4007



Fuente: DC COMPONENTS

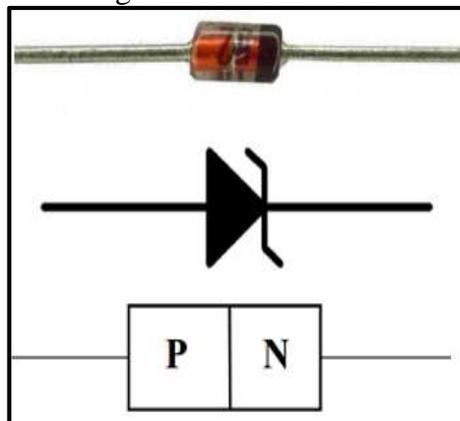
Tabla 9. Características diodo rectificador 1N4007

Fabricante		DC COMPONENTS
Modelo		IN4007
Tipo de diodo		Rectificador
Voltaje inversa de pico de operación	$V_{RWN}$	1000V
Voltaje inversa RMS (media onda, 60Hz)	$V_{R(RMS)}$	1200V
Corriente promedio rectificada en Polarización directa (una fase, 60Hz)	$I_o$	1A
Temperatura de funcionamiento de la unión	$T_J, T_{stg}$	-65°C
Temperatura de funcionamiento de la unión	$T_J, T_{stg}$	175°C
Caída de tensión máxima		1.1V
Corriente en sentido directo		1A
Corriente máximo inversa promedio de ciclo completo		30A

Fuente: Autores

- Diodo zener: El diodo zener es un regulador de tensión tiene que ser regulado al revés para que adopte su característica de regulación, es decir polarizado inversa, positivo de la fuente al catodo y negativo al ánodo, si se lo polariza directa, positivo de la fuente al ánodo y negativo al cátodo funcionara como un diodo rectificador normal. Cuando ce le utiliza de la forma inversa, el diodo solo dejará pasar un voltaje constante, cuando recibe demasiada corriente este elemento no se quema si no que se apaga. Este módulo cuenta con 4 modelos de diodos zener, que se detalla en la tabla 10.

Figura 50. Diodo zener



Fuente: Fairchild Semiconductor

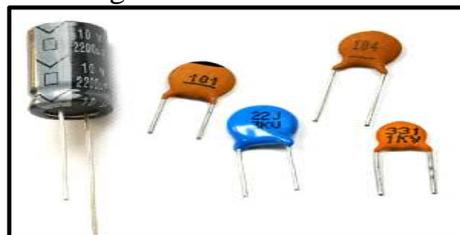
Tabla 10. Características diodo zener

Fabricante		Fairchild Semiconductor			
Tipo de diodo		Zener			
Modelo		1N4735A	1N4736A	1N4737A	1N4738A
Voltaje zener	V <sub>Z</sub>	6.2 V	6.8 V	7.5 V	8.2 V
Corriente zener	I <sub>ZT</sub>	41 mA	37 mA	34 mA	31 mA
Corriente de fuga inversa máxima	I <sub>R</sub>	10 uA	10 uA	10 uA	10 uA
Máxima impedancia zener	r <sub>zjT</sub>	2 Ω	3.5 Ω	4 Ω	4.5 Ω

Fuente: Autores

- Condensadores: El condensador es un elemento pasivo, que se utiliza en la electrónica, que almacena carga eléctrica, su aplicación más importante es la de corregir el factor de potencia, este módulo cuenta con condensadores electrolitos y cerámicos para distintos circuitos eléctricos, según sea la necesidad de la práctica a desarrollar.

Figura 51. Condensador



Fuente: SAMWHA

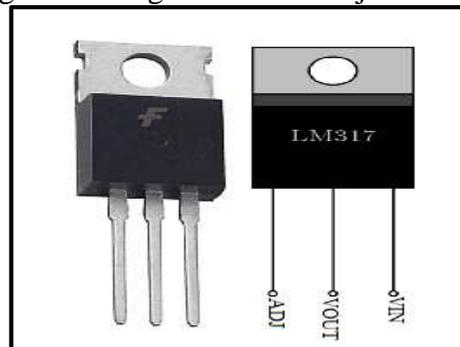
Tabla 11. Características condensadores electrolitos y cerámicos

Fabricante		SAMWHA			
Tipo de condensador		Electrolítico			
Tipo de condensador		Baja impedancia			
Montaje		THT			
Capacidad		1uF	10uF	47uF	100uF
Voltaje de trabajo		50 V	50 V	50 V	50 V
Temperatura de trabajo		-25°C			
Temperatura de trabajo		105°C			
Tipo de condensador		Cerámicos disco			
Tipo de condensador		Baja impedancia			
Capacidad		0.1uF		0.01uF	
Voltaje de trabajo		50 V		50 V	
Temperatura de trabajo		10°C a 85°C			

Fuente: Autores

- Regulador de voltaje LM317A: El LM317A es un dispositivo que se utiliza en la electrónica como regulador de voltaje positivo, posee tres terminales, entrada (IN), salida (OUT) y ajuste (ADJ), su función es la de entregar a su salida un voltaje ajustable de entre 1.25 y 37 voltios con una corriente máxima de 1.2 A. Para lograr esta variación de voltaje se necesita de 2 resistencias externas (una debe ser una resistencia variable), el voltaje el entre los terminales de ADJ y OUT es 1.25 voltios (voltaje interno establecido por el regulador).

Figura 52. Regulador de voltaje LM317A



Fuente: FAIRCHILD

Tabla 12. Características del regulador de voltaje LM317A

Fabricante	FAIRCHILD
Modelo	LM317A
Tipo de salida	Ajustable
Voltaje máximo de entrada	40 V
Voltaje de entrada mínima	4.2 V
Corriente máxima de salida	1.2 A
Voltaje de salida regulable	1.25 a 37 V
Número de salidas	1
Numero de pines	3
Regulación de línea	0.01 %/V
Regulación de carga	0,50%
Polaridad	Positivo
Temperatura de funcionamiento máximo	125°C
temperatura de funcionamiento mínimo	-40°C

Fuente: Autores

- Voltímetro y amperímetro digital para tablero: En el módulo de componentes electrónico se colocó un voltímetro digital el cual nos ayuda a medir y presentar en forma digital el voltaje de salida de la fuente variable, además se colocó un

amperímetro digital para medir la variable corriente, sus componentes internos digitales ofrecen una precisión mayor que los medidores analógicos.

Figura 53. Voltímetro digital



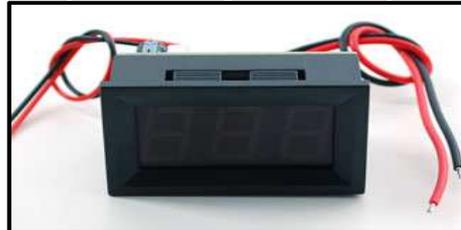
Fuente: Arcoelectric

Tabla 13. Características de voltímetro digital

Rango de medida	0 a 99,9 VCD
Alimentación	4.5 a 30 VCD
Medidas del voltímetro	48x29x21 mm
Temperatura de funcionamiento máximo	65°C
temperatura de funcionamiento mínimo	-10°C
Color del display	Rojo
Peso	26g

Fuente: Autores

Figura 54. Amperímetro digital



Fuente: Arcoelectric

Tabla 14. Características del amperímetro digital

Rango de medida	0 a 9,99 VCD
Alimentación	4.5 a 30 VCD
Resolución	0.01 A
Resistencia de inserción	0.01 ohm
Medidas del voltímetro	48x29x21 mm
Temperatura de funcionamiento máximo	65°C
temperatura de funcionamiento mínimo	-10°C
Color del display	Rojo
Peso	26g

Fuente: Autores

- Interruptor de dos posiciones: El interruptor es un elemento que se utiliza para desviar o interrumpir energía eléctrica, el modulo cuenta con un interruptor principal que activa o desactiva la alimentación eléctrica.

Figura 55. Interruptor de dos posiciones



Fuente: Arcoelectric

Tabla 15. Características del interruptor de dos posiciones

Numero de terminales	4
Capacidad de carga de contactos AC	16 A /250 VCA
Capacidad de carga de contactos CD	20A / 28 VCD
Color pulsador	Rojo
Color de cuerpo	Negro
Modo de actuación	ON-OFF
Temperatura de trabajo	-25 a 85°C
Material	Plástico
Color de iluminación	Rojo
Peso	11 g
Dimensiones	38mm x 10mm
Inserción	A presión

Fuente: Autores

**3.2.2 Osciloscopio de almacenamiento digital.** El osciloscopio Tektronix TDS 2012C es un instrumento de almacenamiento digital, que permite la representación gráfica de señales eléctricas variables en el tiempo, son osciloscopios pequeños y ligeros que se puede usar para tomar medida con referencia a tierra de última tecnología que presta un diseño asequible en un diseño compacto, cuenta con características estándar, fácil de utilizar posee conectividad USB, puede realizar 11 medidas automáticas, posee entre sus configuraciones un sistema de ayuda que dotará al usuario sobre información general del osciloscopio, información sobre menús y controles específicos, también posee comprobación de límites, registro de datos entre otras características que se detalla en la siguiente tabla.

Figura 56. Osciloscopio de almacenamiento digital



Fuente: Tektronix

Tabla 16. Características osciloscopio de almacenamiento digital

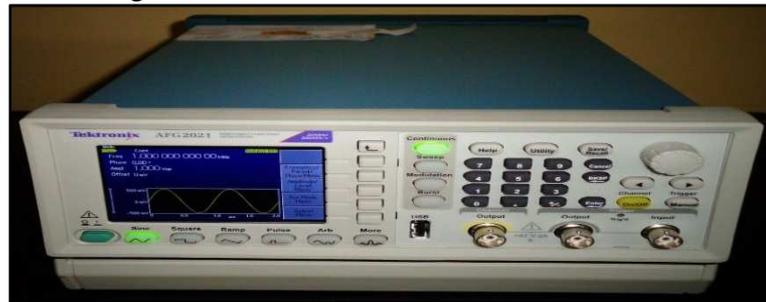
Marca	Tektronix
Modelo	TDS 2012C
Ancho de banda	100MHz
Frecuencia de muestreo	2.0GS/s
Número de canales	2
Tipo de osciloscopio	Almacenamiento digital
Color del display	Color
Acoplamiento	Corriente alterna(CA), corriente directa(CD), tierra(GND)
Sensibilidad vertical mínima	2 mV/div
Sensibilidad vertical máxima	5 V/div
Resolución vertical	8 bit
Margen de error vertical	±3%
Límite de banda de frecuencia	20 MHz
Voltaje de estrada máximo	300 Vrms CAT II
Impedancia de entrada	1MΩ 20 Hf
Nivel de categoría de seguridad	CAT II
Temperatura de funcionamiento máximo	50°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	0°C
Tipo de interfaz	USB

Fuente: Autores

**3.2.3 Generador de funciones arbitrario.** El generador de funciones arbitrario AFG2021 de Tektronix es un modelo potente de fácil configuración puede crear señales simples y compuestas, este instrumento ofrece tres aplicaciones en un solo instrumento, un generador de funciones, generador de pulsos y generador formas de ondas arbitrarias.

Este generador de funciones arbitrario nos puede proporcionar 12 formas de onda: sinusoidal, cuadrada, rampa, pulso,  $\text{sen}(x)/x$ , ruido, cd, Gaussiana, incremento exponencial, degradación exponencial y haversine. Además se puede crear formas de ondas arbitrarias que se pueden definir sus valores y también formas de ondas moduladas.

Figura 57. Generador de funciones arbitrario



Fuente: Tektronix

Tabla 17. Características generador de funciones arbitrario

Marca	Tektronix
Modelo	AFG2021
Ancho de banda	20 MHz
Frecuencia de muestreo	250MS/s
Amplitud	10 V p-p
Resolución vertical	14 bits
Número de canales	1
Frecuencia máxima sinusoidal	20 MHz
Frecuencia mínima sinusoidal	1 uHz
Frecuencia máxima cuadrada pulso y forma de onda arbitraria	10 MHz
Frecuencia mínima cuadrada pulso y forma de onda arbitraria	1 uHz, 1 MHz
Color del display	Color
Impedancia de entrada	10k $\Omega$
Impedancia de salida	50 $\Omega$
Temperatura de funcionamiento máximo	50°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	0°C
Tipo de interfaz	USB

Fuente: Autores

**3.2.4 Pinza amperimétrica.** Este instrumento sirve para medir la intensidad de corriente de un circuito que se basa en el campo magnético que este genera. La pinza amperimétrica Fluke 376 tiene medidas de corriente y voltaje CA de verdadero valor eficaz y medidas de resistencia de hasta 60 k $\Omega$  con detección de continuidad, esta pinza amperimétrica puede leer hasta 1000 V y 1000 A tanto en uso de CA como en CD. Este modelo posee una sonda de corriente flexible para medidas de corriente CA que amplía el rango de medida hasta 2500 A, proporcionando una mayor flexibilidad al momento de realizar las mediciones en conductores de difícil acceso o con forma irregular.

Figura 58. Pinza amperimétrica Fluke 376



Fuente: Fluke

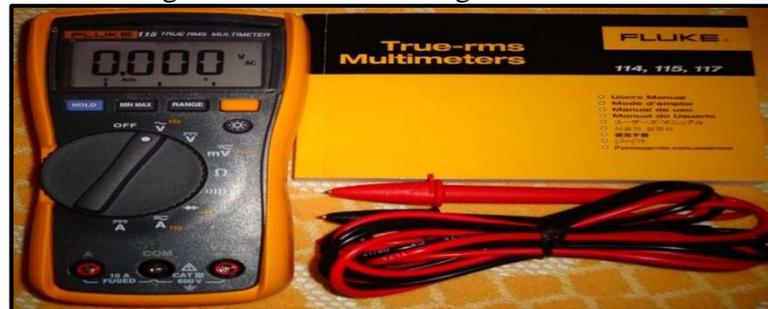
Tabla 18. Características Pinza amperimétrica Fluke 376

Marca	Fluke
Modelo	376
Rango de medida de corriente máximo CA y CD con la mordaza	999.9 A
Rango de medida máxima de corriente con la sonda de corriente flexible (iFLEX)	2.500 A
Rango de medida de voltaje máximo CA y CD	1.000V
Rango de medida de continuidad	$\leq 30\Omega$
Rango de medida de resistencia	60 K $\Omega$
Rango de medida de frecuencia con la mordaza y iFLEX	500 Hz
Rango de medida para la comunicación con otros accesorios	500 mV CD
Medida de capacitancia	1.000 $\mu$ F
Nivel de categoría de seguridad	CAT III 1.000 V CAT IV 600V
RMS verdadero	SI
Potencia de la fuente	Batería
Clase de batería	AA
Color del display	LCD
Temperatura de funcionamiento máximo	50°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	10°C

Fuente: Autores

**3.2.5 Multímetro digital.** El multímetro digital Fluke nos sirve para medir directamente las magnitudes eléctricas activas, con este instrumento portátil se puede medir parámetros de corriente CA, voltaje CA, capacitancia, continuidad, corriente CD, voltaje CD, resistencias, diodos y frecuencias.

Figura 59. Multímetro digital Fluke 115



Fuente: Fluke

Tabla 19. Características Multímetro digital Fluke 115

Marca	Fluke
Modelo	115
Rango de medida de corriente máximo CA y CD	10A
Rango de medida de voltaje máximo CA y CD	600V
Rango de medida de continuidad de un circuito	$\leq 20\Omega$
Rango de medida de resistencia	40 M $\Omega$
Rango de medida de capacitancia	9999 $\mu$ F
Rango de medida de frecuencia	50 kHz
Nivel de categoría de seguridad	CAT III 600 V
RMS verdadero	SI
Potencia de la fuente	Batería
Clase de batería	AA
Peso	505g
Color del display	LCD
Temperatura de funcionamiento máximo	50°C
Temperatura de funcionamiento mínimo	-10°C

Fuente: Autores

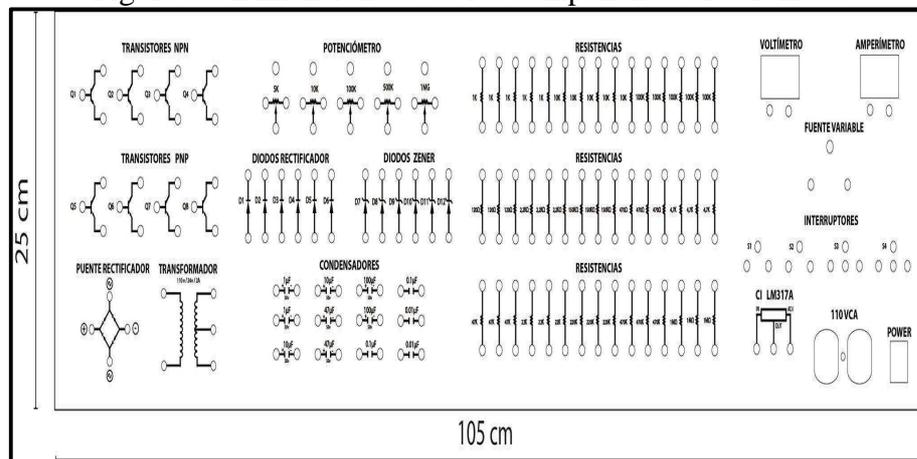
### 3.3 Desarrollo del módulo de componentes electrónicos

Para el desarrollo del módulo se ha tomado en cuenta que debe estar constituido de tal forma que facilite el aprendizaje, con elementos básicos de la electrónica necesarios para el aprendizaje y desarrollo de prácticas.

**3.3.1 Estructura del módulo de componentes electrónicos.** La estructura es el componente que contendrá los elementos electrónicos tales como semiconductores, transistores y la fuente de poder regulable, la función principal de la estructura es la de proteger y mantener estables los componentes electrónicos y las conexiones tanto interior como exterior.

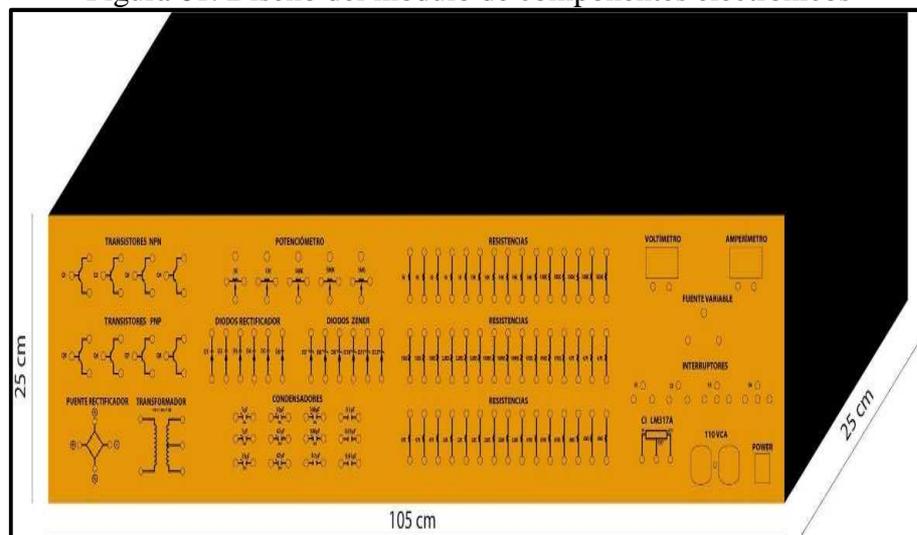
**3.3.2 Dimensionado del módulo.** El módulo se ha diseñado basado en especificaciones técnicas para la finalidad pedagógica teniendo en cuenta la ergonomía y estética, se instaló bornes tipo bananas para las conexiones, que permitirán un control manual para la realización de las prácticas de laboratorio.

Figura 60. Dimensionado de los componentes electrónicos



Fuente: Autores

Figura 61. Diseño del módulo de componentes electrónicos

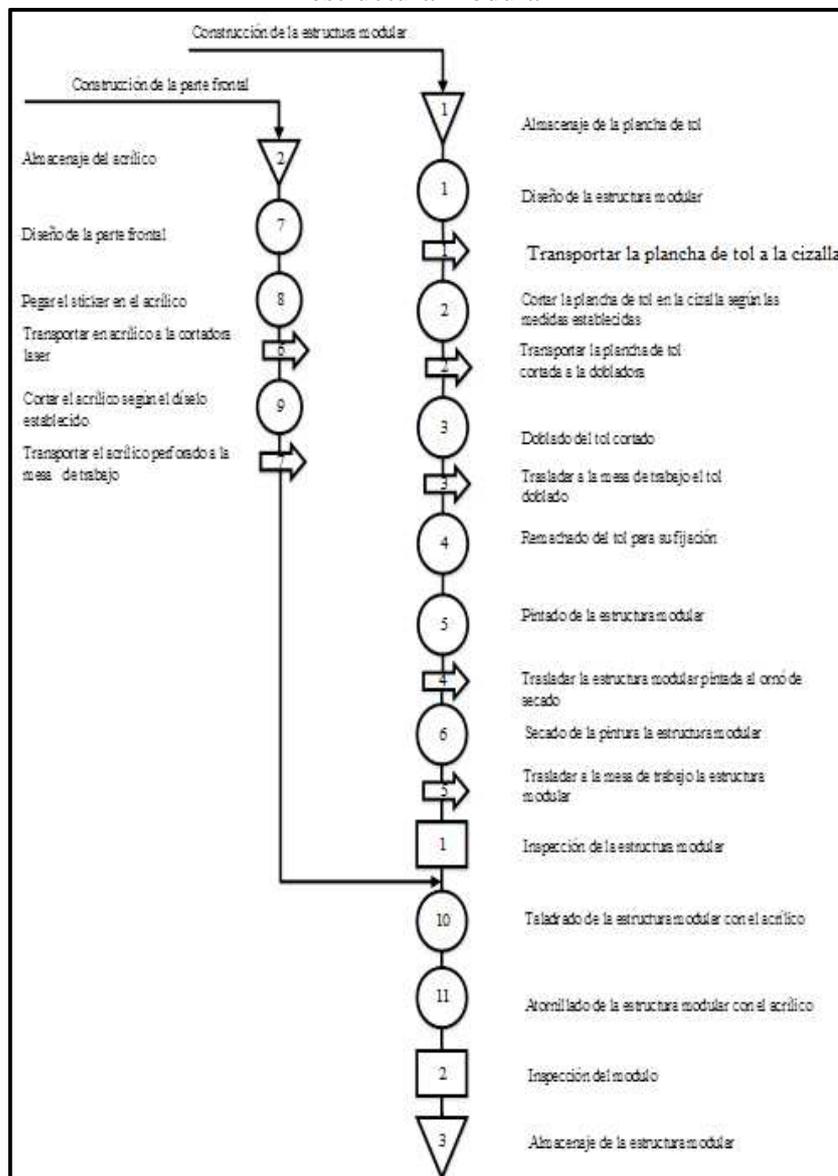


Fuente. Autores

**3.3.3 Construcción de la estructura modular.** La estructura modular se construyó a partir de las medidas que se indicaron anteriormente en la figura 61, tomando en cuenta las tolerancias y espacios necesarios para los bornes tipo banana y demás elementos que conforman el módulo, se utilizó dos materiales para su construcción acrílico de 4 mm para la parte frontal y tol galvanizado.

Se realizó un diagrama de operaciones del proceso tipo material para la construcción de la estructura modular.

Figura 62. Diagrama de operaciones del proceso tipo material para la construcción de la estructura modular



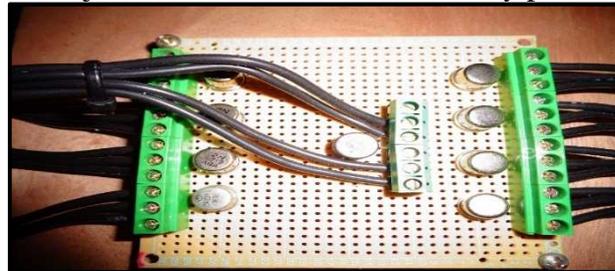
Fuente: Autores

### 3.4 Ensamble del módulo de componentes electrónicos

Una vez que se ha construido la estructura modular y se escogió los elementos necesarios que conformaran este módulo, se procedió a realizar el armado final, todos los elementos fueron instalados siguiendo un orden específico y el espacio requerido tanto para los elementos como el cableado interno.

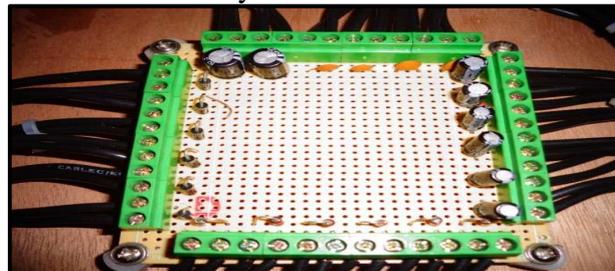
**3.4.1** *Instalación de los componentes electrónicos.* Se procedió a colocar todos los componentes como semiconductores y transistores en la baquelita perforada, asegurando cada elemento con soldadura de estaño y con borneras para conectar los pines de cada elemento y facilitar el cableado interno de los mismos.

Figura 63. Montaje de los transistores PNP, NPN y puente rectificador



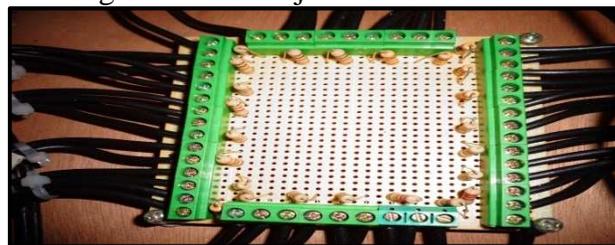
Fuente: Autores

Figura 64. Montaje de diodos zener, diodos rectificadores y condensadores electrolíticos y cerámicos



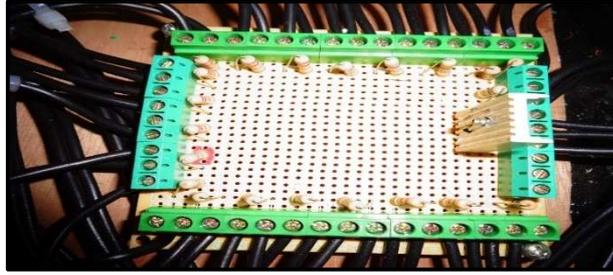
Fuente: Autores

Figura 65. Montaje de las resistencias



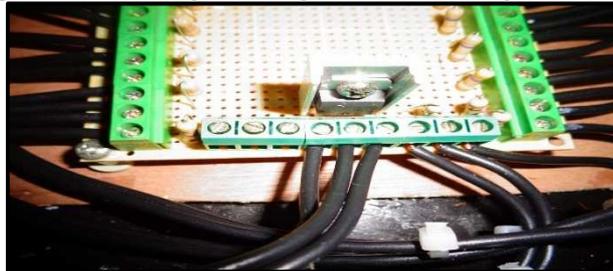
Fuente: Autores

Figura 66. Montaje de las resistencias



Fuente: Autores

Figura 67. Montaje del regulador de voltaje LM317A



Fuente: Autores

**3.4.2** *Instalación de la fuente de poder regulable.* La fuente de poder regulable instalada en este módulo es la encargada de adecuar los valores de la red distribución de 110 – 220 V CA a un valor regulable de 0 – 24 VCD, valores necesarios para los circuitos que se van a desarrollar y funciones correctamente sin sufrir ningún tipo de daño. Para regular su valor de salida se instaló un circuito regulador y amplificador de voltaje, en la parte frontal de la estructura modular posee un potenciómetro de 10 k $\Omega$  que nos permitirá escoger el voltaje de salida de CD que necesitemos según las practica de laboratorio a desarrollar además también se instaló un circuito de protección.

Figura 68. Instalación de la fuente de poder regulable



Fuente: Autores

**3.4.3** *Instalación de un transformador.* Se instaló un transformador con la finalidad de disminuir el voltaje de la red de 110 – 220 VCA al voltaje de salida de 12 – 24 VCA para precautelar los circuitos eléctricos, para poder realizar las prácticas de laboratorio como rectificación de media onda y onda completa.

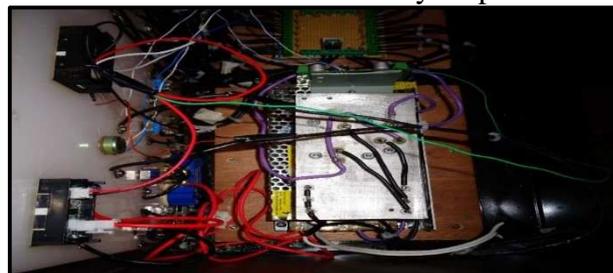
Figura 69. Instalación del transformador 110V/24V/2A



Fuente: Autores

**3.4.4** *Instalación del voltímetro y amperímetro de panel.* El módulo de componentes electrónicos cuenta con un voltímetro y un amperímetro de panel digitales, que nos permitirá saber los valores de voltaje e intensidad de salida de CD, estos elementos están conectados respectivamente con fuente de poder regulable, el voltímetro como va a medir la diferencia de voltaje se le conectó en paralelo y amperímetro se conectó en serie con la rama a medir y debe tener muy baja resistencia para poder evitar una alteración significativa de la corriente a medir.

Figura 70. Instalación del voltímetro y amperímetro digital



Fuente: Autores

**3.4.5** *Instalación de los potenciómetros.* Se instaló en el módulo 6 potenciómetros de mando que se emplean como elementos de control en las prácticas a desarrollar, con estos elementos podemos controlar indirectamente la intensidad de corriente que fluye por los circuitos si se lo conecta en paralelo, o al conectar en serie se controlará la diferencia de potencial.

Figura 71. Instalación de los potenciómetros



Fuente: Autores

**3.4.6** *Instalación de los elementos que conformaran la parte frontal del módulo.* Para la instalación de los elementos que conformaran la parte frontal se procedió a realizar el diseño y distribución, se realizó las perforaciones en los cuales se alojaron los elementos correspondientes como, bornes tipo banana, interruptor, switch de dos y tres posiciones, un tomacorriente, un voltímetro y amperímetro para panel. Para esta instalación se tomó en cuenta aspectos muy importantes como la estética y que está destinado para fines ilustrativos, el cual permitirá una descripción clara de los elementos que se instaló en este módulo.

Figura 72. Instalación de los elementos en la parte frontal



Fuente: Autores

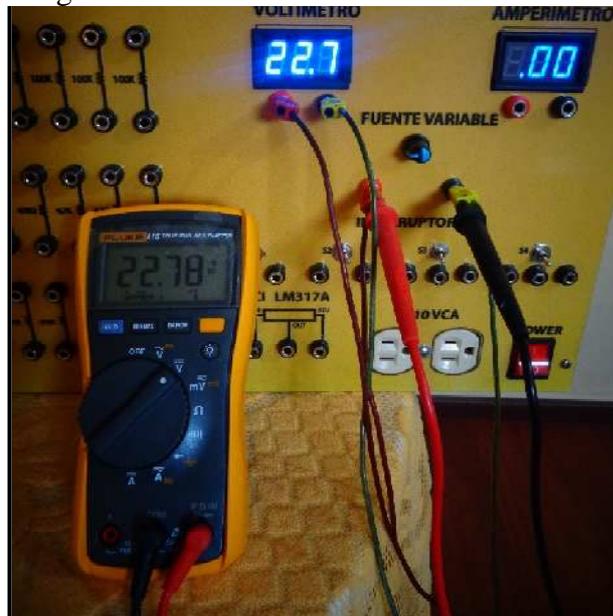
### 3.5 Pruebas de funcionamiento

Para realizar las pruebas de funcionamiento de los equipos que conforman la Estación de Análisis de Señales se hizo de la siguiente manera:

**3.5.1 Verificación del correcto funcionamiento del panel de componentes electrónicos.** Para verificar el correcto funcionamiento se debe realizar lo que se detalla a continuación:

- Conectar a una fuente de alimentación de 110/220 VCA a 60 Hz.
- Presionar el interruptor POWER en la opción ON.
- Verificar con el multímetro los 22,7 V de DC que la fuente variable nos proporciona.

Figura 73. Verificación de la fuente variable



Fuente: Autores

- Para apagar el panel presionar el botón POWER en la opción de OFF.
- Desconectar la alimentación de 110V/220 para quitar la energía al panel.

**3.5.2 Verificación del correcto funcionamiento del osciloscopio de almacenamiento digital.** Para verificar el correcto funcionamiento se debe realizar lo que se detalla a continuación:

- Enchufar el cable a la parte posterior del Osciloscopio y el otro extremo a la fuente de alimentación de CA.

Figura 74. Parte posterior del osciloscopio



Fuente: Tektronix

- Presionar el botón de encendido de la parte superior del osciloscopio, esperar unos segundos y verificar en la pantalla que se ha superado las pruebas de encendido antes de utilizar el instrumento.

Figura 75. Encendido del osciloscopio digital



Fuente: Tektronix

- Conecte la sonda al canal 1 (CH1), para ello debe alinear la ranura del conector de la sonda con la llave BNC del CH1, presionar hasta que esté conectada la sonda y girar a la derecha para que esta quede fija.

Figura 76. Colocación de sonda



Fuente: Tektronix

- Conecte la punta de la sonda al terminal PROBE COMP y el cable de referencia a tierra.

Figura 77. Conexión a los terminales



Fuente: Tektronix

- Presione el botón AUTO SET (Autoconfigurar) y en unos segundos en la pantalla se observará una onda cuadrada.

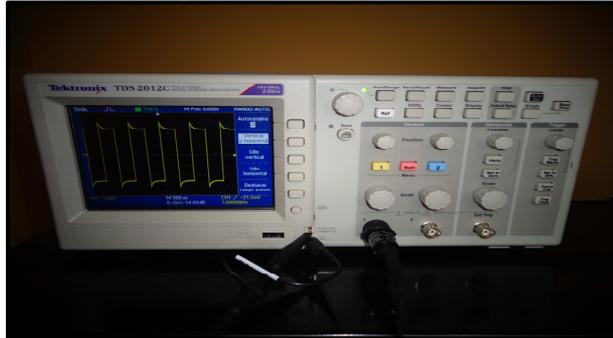
Figura 78. Selección del botón AUTO SET



Fuente: Tektronix

- Compruebe el aspecto de la forma de la onda.

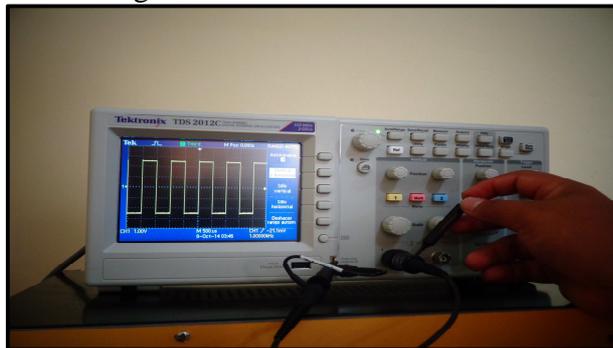
Figura79. Forma de onda



Fuente: Tektronix

- Con la herramienta de ajuste, calibre la sonda las veces que sea necesario.

Figura 80. Calibración de sonda



Fuente: Tektronix

- Para la auto calibración del instrumento se debe pulsar el botón de utility (Utilidades).

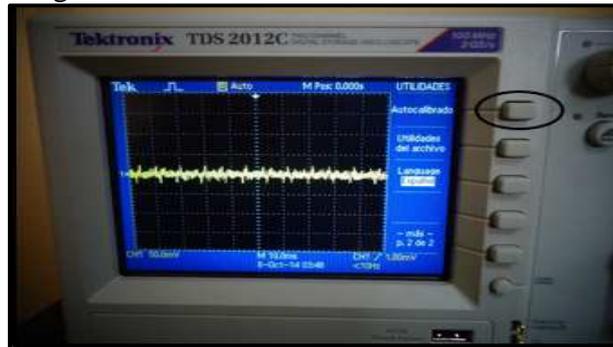
Figura 81. Selección del botón utility



Fuente: Tektronix

- Con los botones de bisel seleccionamos autocalibrado.

Figura 82. Selección del botón autocalibrado



Fuente: Tektronix

- Se procede a seleccionar y presionar el botón de OK para que empiece el auto calibrado.

Figura 83. Selección de botón OK



Fuente: Tektronix

- Esperar hasta que el proceso de autocalibrado se complete hasta el paso 16/16

Figura 84. Proceso de autocalibrado



Fuente: Tektronix

- Después de realizar la calibración de la sonda y la auto calibración del Instrumento se superó la prueba de funcionamiento por ende el equipo está en condiciones de comenzar a funcionar correctamente.

**3.5.3 Verificación del correcto funcionamiento del generador de funciones Arbitrario.** Para el correcto funcionamiento del equipo se debe seguir los siguientes pasos:

- Enchufar el cable de alimentación a la parte posterior del generador de funciones y el otro extremo a la fuente de alimentación de 110V.

Figura 85. Conexión del generador de funciones



Fuente: Autores

- Presionar el botón de encendido en la parte frontal del Instrumento, esperar unos segundos hasta que se haya superado las pruebas de encendido observando en la pantalla.

Figura 86. Encendido del generador de funciones



Autores: Tektronix

- Pulsar el botón utility (Utilidad) de la parte frontal del equipo para realizar la autopruueba y la autocalibración del generador de funciones.

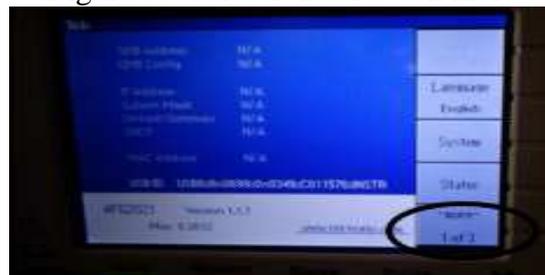
Figura 87. Selección de botón utility



Fuente: Tektronix

- Seleccionar y presionar el botón de bisel more (Más).

Figura 88. Selección del botón more



Fuente: Tektronix

- Presionar el botón de bisel diagnostic (Diagnóstico) y esperar hasta que muestre el mensaje PASSED (En Orden).
- Presionar el botón de bisel calibration (Calibración) y esperar hasta que muestre el mensaje PASSED (En Orden).
- Tanto el diagnóstico y la calibración finaliza sin errores se puede empezar a utilizar el generador de funciones.

Figura 89. Diagnóstico de calibración



Fuente: TEKTRONIX

**3.5.4** *Verificar el correcto funcionamiento de la pinza amperimétrica.* Para la verificar el correcto funcionamiento de la pinza amperimétrica se procede a realizar la prueba de continuidad de la siguiente manera:

- Antes de encender el instrumento, conectar los conductores de prueba para cuando se realice mediciones menores de 1000V o 2500A
- Para encender el instrumento se debe girar la perilla de la opción OFF a la opción que se necesite.
- Para verificar continuidad se debe colocar la perilla en la función de continuidad, unir los dos conductores de prueba y escuchar un leve sonido, si el sonido es alto y ruidoso evitar utilizar el equipo.
- Después verificado se puede empezar a utilizar el equipo seleccionando cualquier otra opción

Figura 90. Verificación de continuidad



Fuente: Autores

**3.5.5** *Verificación del correcto funcionamiento del multímetro digital.* Para la verificar el correcto funcionamiento del multímetro digital se procede a realizar la prueba de continuidad de la siguiente manera:

- Antes de encender el multímetro digital conectar los conductores de prueba.
- Pulsar el botón de encendido que se encuentra en la parte frontal del multímetro.
- Para realizar la prueba de continuidad colocar la perilla en la función de continuidad y escuchar un leve sonido de continuidad.
- Finalmente si se ha superado la prueba de continuidad se puede empezar a utilizar el multímetro.

Figura 91. Verificación de continuidad



Fuente: Autores

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIONES Y LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LA ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE SEÑALES DE CORRIENTE ALTERNA**

#### **4.1 Generalidades**

El presente manual pretende apoyar al estudiante a familiarizarse con la correcta operación de la estación de análisis de señales guiados por fichas de diagramas de procesos, como también conocer los elementos del cual está conformado y las diferentes características de los equipos que se van a utilizar al momento de realizar prácticas de laboratorio.

También es muy importante conocer las medidas de seguridad y tomar en cuenta todas las recomendaciones, para así no sufrir accidentes o daños de los equipos que se están manipulando.

#### **4.2 Seguridad**

Es indispensable y conveniente leer detenidamente los principios que se describen a continuación acerca de la seguridad, ya que en base a estos parámetros se pueden prevenir y tomar las diferentes medidas de precaución de gran parte de los posibles problemas de seguridad que podrían presentarse al momento de estar realizando una práctica de laboratorio.

La información que se presenta es una ayuda y complemento para los procedimientos que se han de realizar en la estación de análisis de señales y así llevar a cabo su correcta utilización.

**4.2.1 Riesgo eléctrico.** Es aquel susceptible de ser producido por instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, con potencial de daño suficiente para producir fenómenos de electrocución.

#### **4.2.1.1 Recomendaciones generales**

- Nunca deberá manipular ningún elemento eléctrico con las manos mojadas, en ambientes húmedos o mojados accidentalmente.
- Use el cable de alimentación especificado para los equipos.
- No quitar nunca la puesta a tierra de los equipos e instalación, con el objeto de evitar descargar eléctricas.
- Mantener el cableado en buen estado, evitando empalmes. En caso contrario sustituir los cables deteriorados.
- No ponga en funcionamiento el equipo sin las cubiertas o los paneles.
- Evite tocar las conexiones y componentes cuando los equipos estén energizados.
- No utilizar un solo toma corriente para varios enchufes ya que puede producir un calentamiento de los cables y como consecuencia un incendio de origen eléctrico.

**4.2.2 Riesgos mecánicos.** Le denominamos riesgo mecánico al conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos. Para prevenir estos riesgos se puede tomar en cuenta las siguientes recomendaciones generales.

#### **4.2.2.1 Recomendaciones generales**

- No se debe adoptar aptitudes peligrosas al momento de manipular los equipos o herramientas
- Verifique que antes del uso de los equipos no tengan quitados los dispositivos de seguridad, enclavamientos y emergencia.
- Evite dejar expuesto los equipos a la luz solar directamente durante periodos de largo tiempo.

- No utilice máquinas ni herramientas para fines diferentes para los que han sido diseñadas.

### 4.3 Sistema de codificación

Codificación de equipos máquinas e instrumentos. Para la elaboración del manual de operaciones es necesario empezar con la codificación de cada uno de los equipos que conforman la estación de análisis de señales, ya que es una identificación que nos ayuda a que su búsqueda sea más fácil, pues especifica donde está situada la misma.

La nomenclatura de la codificación es de uso interno e independiente al código de la Unidad de Control de Bienes de la ESPOCH.

La estructura de la codificación está basada en tres niveles jerárquicos que se detallan a continuación.



**UBICACIÓN:** Determina el primer nivel dentro de la nomenclatura de codificación donde abarca las facultades, administraciones, servicios que se encuentran dentro de la institución, compuesta por cuatro letras que los identifica. En el caso nuestro es:

**FAME:** Facultad de Mecánica

**ÁREA:** Nos indica el segundo nivel de la nomenclatura de codificación, determina el laboratorio dentro de cada una de las facultades, compuesta por dos letras que identifica.

**EB:** Laboratorio de Electrónica Básica

**SISTEMA:** Agrupa los equipos o maquinas que conforman la estación de trabajo del laboratorio de electrónica básica.

**CE** - Módulo de componentes electrónicos

**OD**- Osciloscopio de almacenamiento digital

**GF** - Generador de funciones arbitrario

**MD** - Multímetro digital

**PA**- Pinza amperimétrica

**NÚMERO DE EQUIPO:**Compuesta por dos cifras que determinan la cantidad de equipos con iguales o similares características.

Los equipos que conforman la estación de análisis de señales de CA quedan codificados de la siguiente manera.

Tabla 20. Codificación de los equipos

Nº	Equipo	Código
1	Módulo de componentes electrónicos	FAME – EB – CE01
2	Osciloscopio digital	FAME – EB – OD01
3	Generador de funciones arbitrario	FAME – EB – GF01
4	Multímetro digital	FAME – EB – MD01
5	Pinza amperimétrica	FAME – EB – PA01

Fuente: Autores

**4.3.1** *Elaboración de fichas.* Para la elaboración de la ficha del manual de la estación de análisis de señales de CA se consideraron los siguientes criterios:

1. Logos tanto de la ESPOCH como de la Escuela de Ingeniería Industrial.
2. Versión.
3. Nombre del equipo, máquina o instrumento.
4. Nombre de la ficha.
5. Nombre del laboratorio en cual se encuentra el laboratorio.
6. Número de ficha.
7. Codificación correspondiente.
8. Si el equipo posee manual del fabricante.
9. Certificado de Calibración.
10. Ubicación.
11. Foto actualizada de la máquina, equipo o instrumento.

**4.3.1.1 Ficha de componentes principales.** Se describen las características técnicas y los componentes principales de la Estación de Análisis de Señales de CA. (Anexo A)

**4.3.1.2 Ficha de diagrama de procesos.** Es una representación gráfica que describe los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades dentro de un proceso o procedimiento, llevando su respectivo control y la seguridad durante su funcionamiento. (Anexo A)

#### 4.4 Plan de mantenimiento

Para la realización del plan del mantenimiento que conforma la estación de análisis de señales de corriente alterna minimiza el riesgo de fallo y asegura la continua operación de los equipos de la estación, evitando su continua calibración, a la incorrecta manipulación o a su inevitable desgaste.

**4.4.1 Banco y ejecución de las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman la estación de análisis de señales de corriente alterna.** Para la elaboración del banco de tareas se toma en cuenta las condiciones ambientales, limpieza externa de los equipos, limpieza integral interna, la inspección interna del equipo y la calibración.

Tabla 21. Banco de tareas de mantenimiento del módulo de componentes electrónicos

		<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPOS</b>	
		ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Versión: 2014</b>		SECCIÓN: ELECTRÓNICA BÁSICA	
<b>EQUIPO O MÁQUINA</b>		<b>APLICA A:</b>	
MÓDULO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS		FAME-EB-CE01	
<b>TAREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA</b>	
INSPECCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS		Mensual	
INSPECCIÓN DEL CABLE DE AMBIENTACIÓN		Mensual	
INSPECCIÓN GENERAL DEL EQUIPO		Semanal	

Fuente: Autores

Tabla 22. Banco de tareas de mantenimiento del osciloscopio de almacenamiento digital

 		<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPOS</b>	
		ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Versión: 2014</b>		SECCIÓN: ELECTRÓNICA BÁSICA	
<b>EQUIPO O MÁQUINA</b>		<b>APLICA A:</b>	
OSCILOSCOPIO DE ALMACENAMIENTO DIGITAL		FAME-EB-OD01	
<b>TAREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA</b>	
INSPECCIÓN DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN		Mensual	
INSPECCIÓN DEL VENTILADOR		Mensual	
INSPECCIÓN DE LA SONDA DE PRUEBA		Semanal	
CALIBRACIÓN DE LA SONDA DE PRUEBA		Anual	
CALIBRACIÓN DEL EQUIPO		Anual	
CAMBIO DEL FUSIBLE		Semestral	
LIMPIEZA DEL VENTILADOR		Mensual	
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO		Diaria	

Fuente: Autores

Tabla 23. Banco de tareas de mantenimiento del generador de funciones arbitrario

 		<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPOS</b>	
		ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Versión: 2014</b>		SECCIÓN: ELECTRÓNICA BÁSICA	
<b>EQUIPO O MÁQUINA</b>		<b>APLICA A:</b>	
GENERADOR DE FUNCIONES ARBITRARIO		FAME-EB-GF01	
<b>TAREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA</b>	
INSPECCIÓN DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN		Mensual	
INSPECCIÓN DEL VENTILADOR		Mensual	
INSPECCIÓN DE LA SONDA DE PRUEBA		Semanal	
CALIBRACIÓN DE LA SONDA DE PRUEBA		Anual	
CALIBRACIÓN DEL EQUIPO		Anual	
CAMBIO DEL FUSIBLE		Semestral	
LIMPIEZA DEL VENTILADOR		Mensual	
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO		Diaria	

Fuente: Autores

Tabla 24. Banco de tareas de mantenimiento del multímetro digital

		<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPOS</b>	
		ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Versión: 2014</b>		SECCIÓN: ELECTRÓNICA BÁSICA	
<b>EQUIPO O MÁQUINA</b>		<b>APLICA A:</b>	
MULTÍMETRO DIGITAL		FAME-EB-MD01	
<b>TAREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA</b>	
INSPECCIÓN general del equipo		Mensual	
INSPECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE PRUEBA		Mensual	
INSPECCIÓN DE LA BATERÍA		Semestral	
LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO		Diaria	

Fuente: Autores

Tabla 25. Banco de tareas de mantenimiento de la pinza amperimétrica

		<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EQUIPOS</b>	
		ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Versión: 2014</b>		SECCIÓN: ELECTRÓNICA BÁSICA	
<b>EQUIPO O MÁQUINA</b>		<b>APLICA A:</b>	
PINZA AMPERIMÉTRICA		FAME-EB-PA01	
<b>TAREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA</b>	
INSPECCIÓN general del equipo		Mensual	
INSPECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE PRUEBA		Mensual	
INSPECCIÓN DE LA BATERÍA		Semestral	
LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO		Diaria	

Fuente: Autores

**4.4.2 Lanzamiento de la orden de trabajo.** La orden de trabajo registra información sobre el tipo, causa de falla, repuestos, y horas hombre utilizada, esta orden de trabajo se desarrolló de acuerdo a la norma NTN INEN-EN 13460:2010.



**4.4.3 Ejecución del trabajo.** La ejecución del trabajo se realiza mediante la petición de los materiales a utilizarse, repuestos y herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas de mantenimiento solicitada previamente mediante la orden de trabajo.

Tabla 27. Solicitud de repuestos

 		<b>REPUESTOS</b>				
		Ficha de registro				
<b>Versión: 2014</b>		<b>LABORATORIO DE ELECTRÓNICA BÁSICA</b>				
					Año: 2014	
<b>Fecha</b>	<b>REPUESTO</b>	<b># Almacén</b>		<b>Fecha</b>	<b>REPUESTO</b>	<b># Almacén</b>
*Se registra la fecha, el nombre del repuesto y la cantidad que queda almacenado.						
<b>Firmas</b>						

Fuente: Autores







4.5.2 Tutoriales



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA No. 01. RECTIFICACIÓN DE MEDIA ONDA Y ONDA  
COMPLETA**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRES:**

**CÓDIGOS:**

.....

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.....

.....

**2. OBJETIVO(S):**

**GENERAL**

- Describir el funcionamiento de un rectificador de media onda y onda completa.

## ESPECÍFICOS

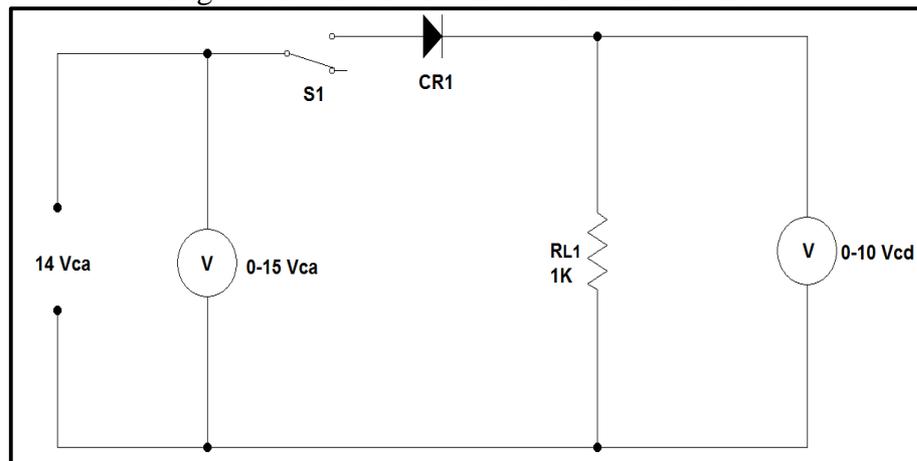
- Mostrar cómo funciona un rectificador de media onda suministrando y midiendo el voltaje RMS (valor cuadrático medio) y voltaje de salida pico a pico de cd.
- Mostrar cómo funciona un rectificador de onda completa suministrando y midiendo el voltaje RMS (valor cuadrático medio) y voltaje pico a pico de salida de cd.
- Encontrar las diferencias entre la rectificación de media onda y onda completa.

## 3. METODOLOGÍA

### Parte A

- Monte el circuito del rectificador de media onda que se muestra en la figura 92 y verifique la instalación.

Figura 92. Circuito rectificador de media onda



Fuente: Autores

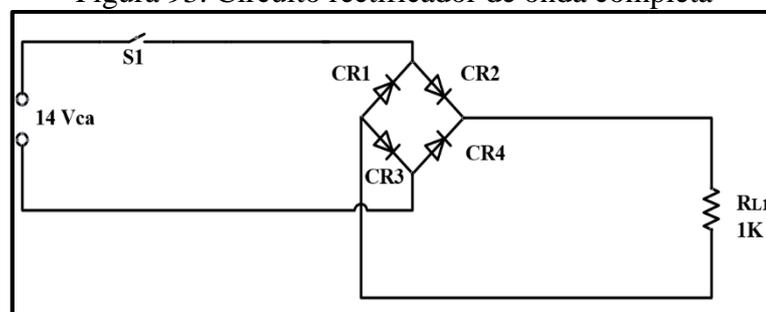
- Ponga sus controles calibrados del osciloscopio digital TDS 2012 C, oprima la tecla Auto Set (auconfigurar) del osciloscopio de almacenamiento digital.
- Oprima la tecla AutoRange (rango automático).
- Conecte el osciloscopio a la entrada de ca del rectificador de media onda. Conecte la punta de entrada del osciloscopio al ánodo del diodo CR1 y la punta común a la parte inferior de la resistencia de la carga RL1.
- Cierre S1 y ajuste la fuente de energía de ca a 14 v ca.

- Observe la forma de onda del voltaje de entrada del rectificador desplegada en la pantalla del osciloscopio.
- Seleccione en el osciloscopio la tecla Measure (medidas), con el menú de selección escoja, frecuencia, RMS del ciclo, voltaje máximo, periodo y voltaje medio.
- Abra S1 y conecte el osciloscopio a la salida del rectificador de media onda. Conecte la punta de entrada del osciloscopio al cátodo del diodo CR1 y la punta común a la parte inferior de RL1.
- Cierre S1 y observe la forma de onda del voltaje de salida del rectificador de media onda. ¿La forma de salida sólo contiene las alteraciones positivas de la forma de onda de entrada?
- Abra S1 y ajuste el voltaje a cero.

#### Parte B

Arme el circuito de rectificación de onda completa que se muestra en la figura 93.

Figura 93. Circuito rectificador de onda completa



Fuente: Autores

- Conecte el osciloscopio a través de la salida del rectificador de onda completa. Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la unión del CR1 y CR2 y la punta común a la unión de CR3 y CR4.
- Cierre S1 y ajuste la fuente de energía de ca a 14 v ca.
- Observe la forma de onda del voltaje de entrada del rectificador de onda completa desplegada en la pantalla del osciloscopio.
- Abra S1 y conecte el osciloscopio a través de la salida del rectificador de onda completa. Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la parte inferior del  $R_{L1}$  y la punta común a la parte inferior  $R_{L1}$ .

- Cierre S1 y observe la forma de onda del voltaje de salida del rectificador de onda completa. Indique si la forma de onda de salida sólo contiene las alteraciones positivas de la forma de onda de entrada.

#### **4. EQUIPOS Y MATERIALES:**

- Fuente de energía 14Vca, 20mA (aislado)
- Multímetro digital
- Osciloscopio de almacenamiento digital
- Módulo de componentes electrónicos
- CR1 - CR4 - diodos de silicio
- RL - 1K $\Omega$ , 1W
- S1
- Cables

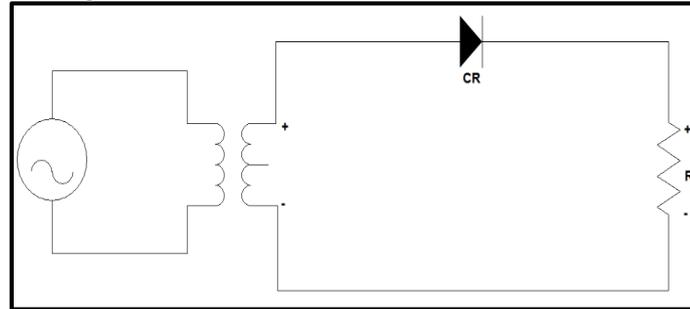
#### **5. MARCO TEÓRICO**

La frecuencia de ondulación de salida de un rectificador de media onda es igual que la frecuencia de entrada.

Es más simple y económico generar, y transmitir y distribuir corriente alterna que corriente directa, por lo que las empresas de energía eléctrica suministran potencia de ca. Sin embargo, muchas aplicaciones de la energía eléctrica, tales como los circuitos electrónicos, los de carga de batería de almacenaje, la operación de motores eléctricos ferroviarios, soldadura, electroplateado, procesos químicos y otros, necesitan corriente directa. Por ello es necesario rectificar (cambiar) la energía de ca a voltaje y corriente de cd.

Un circuito rectificador convierte ca en cd pulsante, que luego puede filtrarse (alisarse) en corriente directa. Para hacerlo, el rectificador debe pasar corriente con el mínimo de resistencia en dirección en adelante y bloquear su flujo en dirección inversa. El diodo, con sus características de corriente unidireccional (en un sentido), es muy adecuado para rectificación.

Figura 94. Circuito rectificador de media onda

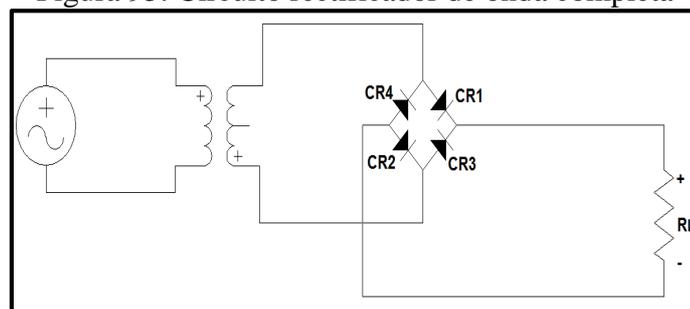


Fuente: Autores

Durante la alteración positiva del voltaje de ca de entrada, el ánodo del diodo CR es positivo con respecto al cátodo y fluye la corriente. El flujo de corriente a través de CR produce una caída de voltaje a través de la resistencia de carga RL conectada en serie. Ya que la variación de la corriente sigue la variación del voltaje de entrada, el voltaje de salida a través del RL sigue la alteración positiva que provoca la corriente. Durante la alteración negativa no hay flujo de corriente debido que ahora el ánodo es negativo con respecto al cátodo. Debe notarse que la salida ya no es un voltaje de ca, sino un voltaje pulsante de cd.

Al proceso por el que el diodo conduce durante una alteración del ciclo de entrada se conoce como rectificación de media onda. Es posible rectificar ambas alteraciones de voltaje de entrada utilizando el circuito puente de onda completa de la figura 94. Durante la alteración positiva, la corriente fluye a través del diodo CR1, la carga RL y de regreso al transformador a través del diodo CR2. Los diodos CR3 y CR4 bloquean la corriente. Durante la alteración negativa la corriente fluye a través del diodo CR3, a través de la carga RL y de regreso al transformador a través del diodo CR4. Los diodos CR1 Y CR2 bloquean la corriente.

Figura 95. Circuito rectificador de onda completa



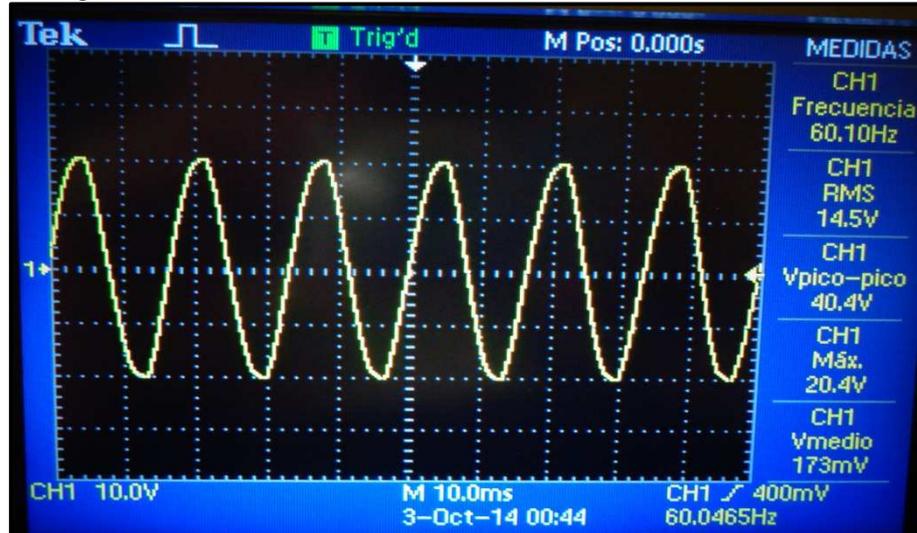
Fuente: Autores

## 6. PROCEDIMIENTO:

### Parte A

- Forma de la onda de entrada.

Figura 96. Forma de onda de entrada rectificación de media onda



Fuente: Tektronix

- Mida el voltaje de entrada pico a pico y el voltaje de entrada RMS (valor cuadrático medio).

$$V \text{ pico-pico} = 40.4V$$

$$V \text{ RMS} = 14.5V$$

$$V \text{ máx.} = 20.4 \text{ V}$$

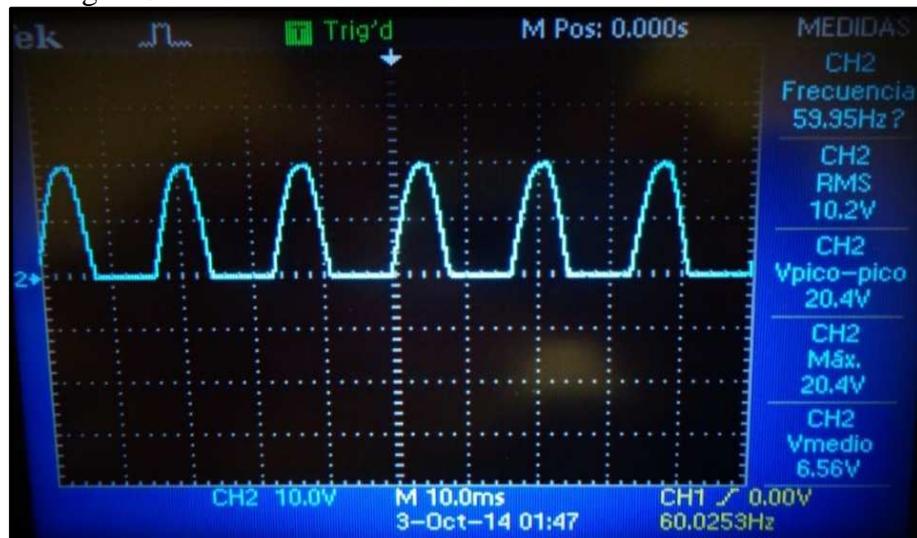
- Mida el voltaje de salida del circuito rectificador de media onda.

$$E \text{ salida} = 6.18V$$

- ¿La salida es ca o cd? La salida es Cd.
- ¿Cuál es la frecuencia de las pulsaciones de salida de un rectificador de media onda? La frecuencia de salida es 60 Hz.

- Forma de onda de salida.

Figura 97. Forma de onda de salida rectificación de media onda

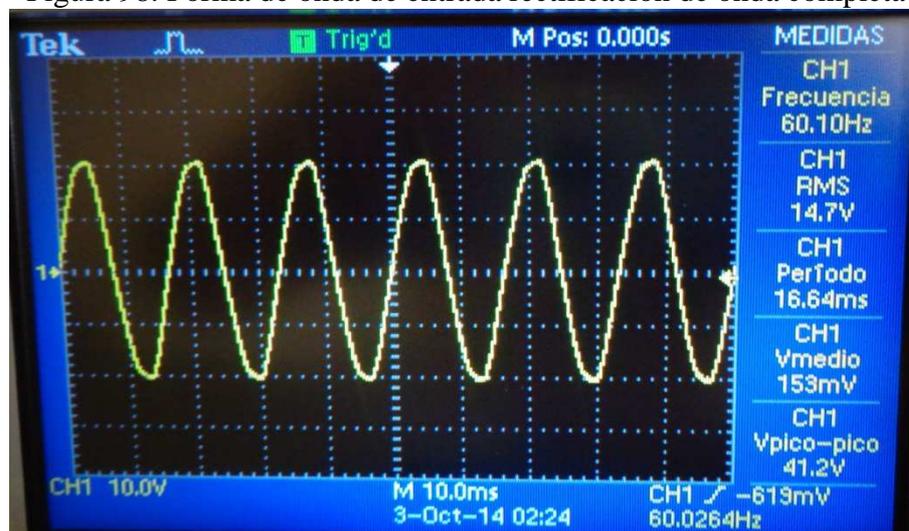


Fuente: Tektronix

Parte B

- Forma de onda de entrada

Figura 98. Forma de onda de entrada rectificación de onda completa



Fuente: Tektronix

- Mida el voltaje de entrada.

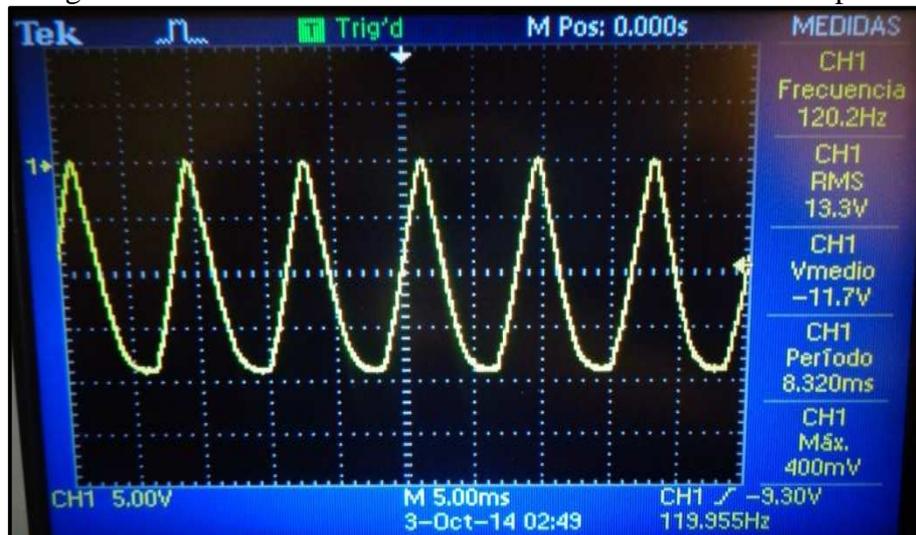
$$E_{\text{entrada}} = 14.6 \text{ V CA}$$

- Mida el voltaje de salida.

$E_{\text{salida}} = 11.75 \text{ V CD}$

- ¿Cuál es la frecuencia de las pulsaciones de salida de un rectificador de onda completa? La frecuencia de salida es 120 HZ.
- Forma de onda de salida.

Figura 99. Forma de onda de salida rectificación de onda completa



Fuente: Tektronix

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

### ANEXOS

#### Preguntas

El circuito rectificador de media onda de la figura 92.

- Pasa toda alteración del ciclo de entrada.
- Para la alteración negativa del ciclo de entrada.
- El diodo bloquea la alteración positiva del ciclo de entrada.
- Pasa toda alteración positiva del ciclo de entrada.

El circuito rectificador de onda completa de la figura 93.

- a. Pasa toda la alteración del ciclo de entrada.
- b. Pasa toda la alteración negativa del ciclo de entrada.
- c. Pasa toda la alteración positiva del ciclo de entrada.
- d. Todos los anteriores.

Uno de los siguientes enunciados de conversión de onda senoidales es falso.

- a. 28 volts rms = 19,9 volts máximo.
- b. 14 volts rms = 39,8 volts máximo a máximo.
- c. 8,9 volts máximo = 6,3 volts rms.
- d. 6,3 volts rms = 17,8 volts máximo a máximo.

La frecuencia de ondulación de salida de un rectificador de onda completa siempre es:

- a. La misma que la frecuencia de entrada.
- b. El doble que la frecuencia de entrada.
- c. Un medio de la frecuencia de entrada.
- d. 120Hz.

Uno de los siguientes enunciados acerca de los rectificadores de media onda y onda completa es verdadero. Para el mismo voltaje de ca de entrada:

- a. El voltaje de salida máxima de un rectificador de onda completa es el doble que el voltaje de un rectificador de onda completa.
- b. El voltaje de salida de máximo a máximo de un rectificador de media onda es la mitad que el de un rectificador de onda completa.
- c. El voltaje procedió de salida de un rectificador de media onda es el doble que el de un rectificador de onda completa.
- d. La ondulación de salida de un rectificador de onda completa es más fácil de filtrar debido a que tienen el doble de frecuencia que el de un rectificador de media onda.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA No. 02. Circuito de emisor común**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRES:**

**CÓDIGOS:**

.....

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:FECHA DE ENTREGA:**

.....

.....

**2. OBJETIVO(S):**

**GENERAL**

- Comprobar experimentalmente la amplificación de circuitos con un transistor BJT 2N2219A en emisor común.

**ESPECÍFICOS**

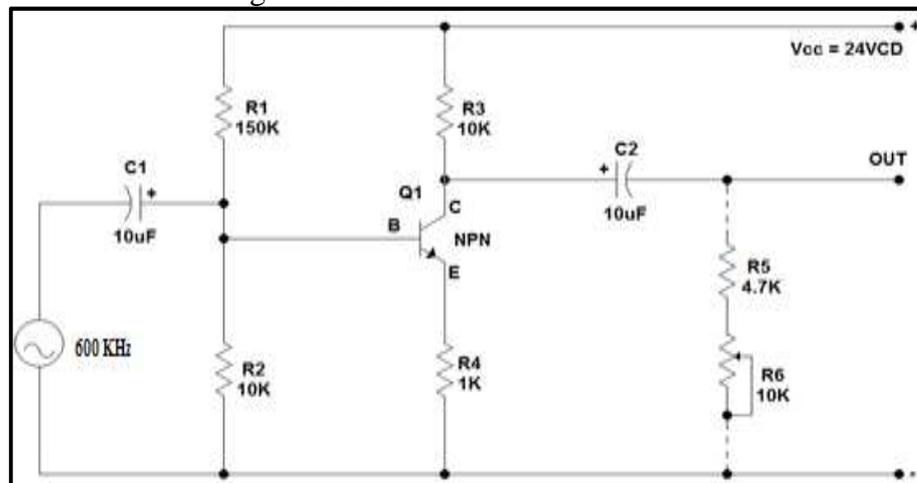
- Calcular y medir los voltajes de operación de cd que se encuentran en un circuito amplificador de emisor común típico.

- Mostrar cómo funciona un amplificador de emisor común típico y medir su ganancia de voltaje con y sin carga.

### 3. METODOLOGÍA

- Monte el circuito como se muestra en la figura 100. Note que el lado negativo del voltaje de la fuente de cd está conectado al terminal de tierra del generador de funciones arbitrario. No se conecte todavía R5 y R6.

Figura 100. Circuito de emisor común



Fuente: Autores

- Ajuste el voltaje de la fuente variable de cd de colector Vcc a 24Vcd.
- Fije el generador de funciones arbitrario en la función de onda sine(senoidal) a una frecuencia de 600 KHz.
- Ajuste la salida del generador de funciones arbitrario a una amplitud de 1 V pico a pico en la base de Q1. Utilice la punta de prueba atenuadora de 1X.
- Ponga sus controles calibrados del osciloscopio digital TDS 2012 C.
- Presione el botón del canal 1(amarillo entrada) y canal 2 (azul salida).
- Oprima el botón AutoSet (auto configurar).
- Oprima el botón AutoRange (rango automático).
- Oprima el botón Acquire (adquisición), seleccionar el modo de adquisición promediado.
- Oprima el botón Trig Menú (menú disparo), escoja el acoplamiento F. Rechazo BF.

- Coloque las perillas de Volts/Div (Voltios/división) del canal 1 y canal 2 a 50mV.
- Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la base de Q1 y la punta común a tierra (la parte inferior de R4). Utilice la punta de prueba atenuadora de 10X.
- Conecte la punta de prueba de entrada del osciloscopio a la salida de su amplificador de emisor común. Utilice la punta de prueba atenuadora de 10X.
- Ajuste el voltaje de la fuente variable de cd de colector a 0.
- Conecte R5, la resistencia de 4,7 K $\Omega$ , y R6, el potenciómetro de 10 K $\Omega$ , a través de la salida de su amplificador de emisor común como se muestra en la figura 100.
- Ajuste R6 para máximo resistencia y Vcc a 24 Vcd.
- Ajuste R6 hasta que el voltaje de la señal de salida sea un medio del valor medido de la señal de salida. Reajuste, de ser necesario, la salida del generador de señales, para una señal de entrada de 650mV pico a pico en la base de Q1.
- Ajuste todos los voltajes a cero.

#### **4. EQUIPOS Y MATERIALES:**

- Fuente de energía 24Vcd, 2mA
- Multímetro digital
- Generador de funciones arbitrario
- Osciloscopio de almacenamiento digital
- Módulo de componentes electrónicos
- C1, C2 - 10 $\mu$ F, electrolítico
- Q1 - Transistor NPN 2N2219A
- R1 - 150 K $\Omega$ , 1W
- R2, R3 - 10 K $\Omega$ , 1W
- R4 - 1 K $\Omega$ , 1W
- R5 - 4,7 K $\Omega$ , 1W
- R6 - Potenciómetro de 10 K $\Omega$
- Cables

## 5. MARCO TEÓRICO:

El amplificador de emisor común puede alcanzar ganancias de voltaje y corriente medianas a altas.

De los tres circuitos útiles de transistor utilizando para la amplificación de voltaje a corriente (base común, emisor común), el de emisor común es el que se usa en forma más extensa. En el circuito de emisor común (o emisor a tierra) que se muestra en la figura 100, se transmite la señal al circuito de base emisor y sale del circuito colector-emisor. De esa manera el elemento emisor del transistor es común tanto al circuito de entrada como al de salida.

(Las baterías que se muestran son cortocircuitos muy buenos para las señales de ca). Debido a que la entrada del transistor, o circuito base-emisor tiene impedancia media (resistencia interna del transistor más reactancia) del orden de 1000 a 5000 ohms, y que la salida del transistor, o sea, el circuito colector – emisor tiene impedancia media (incluye a RL) del orden de 1000 a 50000 ohms, la ganancia de potencia para la configuración de emisor común puede ser hasta de 10 000. Esto se debe a que el emisor común suministra ganancia tanto de corriente como de voltaje.

La dirección de las flechas en la figura 100 indica el flujo de la corriente convencional. La ganancia de corriente en el circuito de emisor común se obtiene de las corrientes de los circuitos de base y colector en lugar de entre las corrientes de los circuitos de base y colector como en el circuito de base común. Debido a que un cambio muy pequeño en la corriente de base produce un gran cambio en la corriente de colector, la ganancia de corriente  $\beta$  (beta) siempre es mayor que la unidad (uno) para el circuito de emisor común; un valor típico es alrededor de 50.

Las ondas de la figura 100 representan el voltaje de entrada que produce la fuente de señales y el voltaje de salida que aparece a través de la resistencia RL. Cuando la señal de entrada es positiva, reduce la polarización directa que produce la batería de base-emisor haciendo menos negativas a la base y disminuyendo en ello el flujo de la corriente a través del transistor PNP.

Entonces menor flujo de la corriente a través del RL hace que la parte superior de esta resistencia se menos positiva (o más negativa) con respecto al parte inferior del RL. Recíprocamente, cuando la señal de entrada es negativa, la señal de salida es positiva. De esa manera se invierte en este circuito la fase de la señal; es decir que hay una inversión de fase de 180° entre la entrada y la salida de un amplificador de emisor común.

Por lo general los transistores se polarizan directamente a través de la unión emisor base y se polarizan inversamente a través de la unión colector – base. En la figura 99, se usó una fuente variable que nos suministró 24 V DC para polarizar correctamente un transistor PNP en el circuito de emisor común. También se puede utilizar distintas variaciones para polarizar un circuito de emisor común. En la misma figura se muestra un arreglo de polarización simplificado para el circuito de emisor común, la polarización para la unión base - emisor a través de la red de divisor de voltaje R1 y R2.

La unión base- emisor está polarizada directamente debido a que la base es negativa con respecto al emisor. La unión colector base está polarizada inversamente debido a que el colector es negativo con respecto a la base. RE se pasa con el capacitor C1 de manera que el emisor está muy bien conectado a tierra para las señales de ca. La parte inferior de RL se pasa por la resistencia y capacitancia interna de la batería, de manera que está muy bien conectada a tierra para las señales de ca.

## 6. PROCEDIMIENTO:

- El voltaje de cd en la unión de R1 y R2 también es el voltaje de base  $V_B$  para Q1. Calcule el voltaje de base (no considere la pequeña corriente de base que pasa a través de R1) usando la ecuación para el divisor del voltaje.

$$V_B = V_{CC} \times R2 / (R1 + R2)$$

$$V_B = 1.5 \text{ V CD}$$

- Mida el voltaje de cd entre la base de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115.

$$V_B = 1.325 \text{ VCD}$$

Figura 101. Medida de voltaje entre la base y tierra



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el emisor de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115.

$$V_E = 0.696 \text{ VCD}$$

Figura 102. Medida de voltaje entre emisor y tierra



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el colector de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115.

$$V_C = 15.82 \text{ V CD}$$

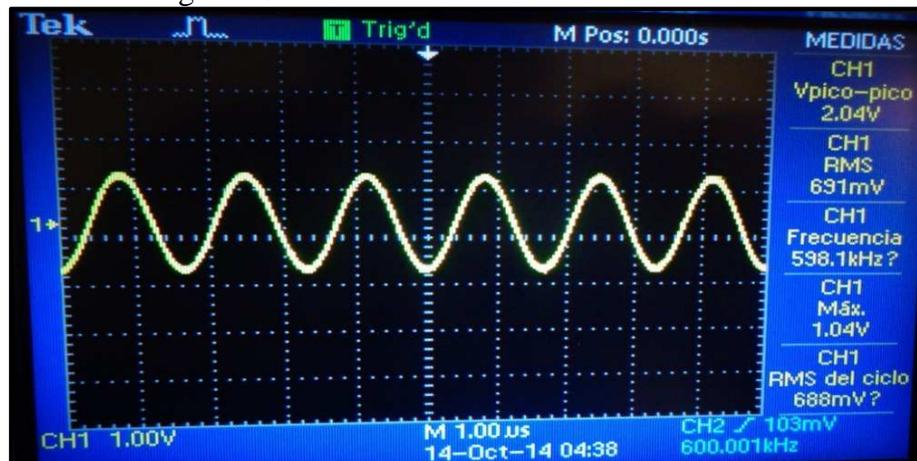
Figura 103. Medida de voltaje entre colector y tierra



Fuente: Fluke

- Forma de onda de la señal de entrada del circuito de emisor común.

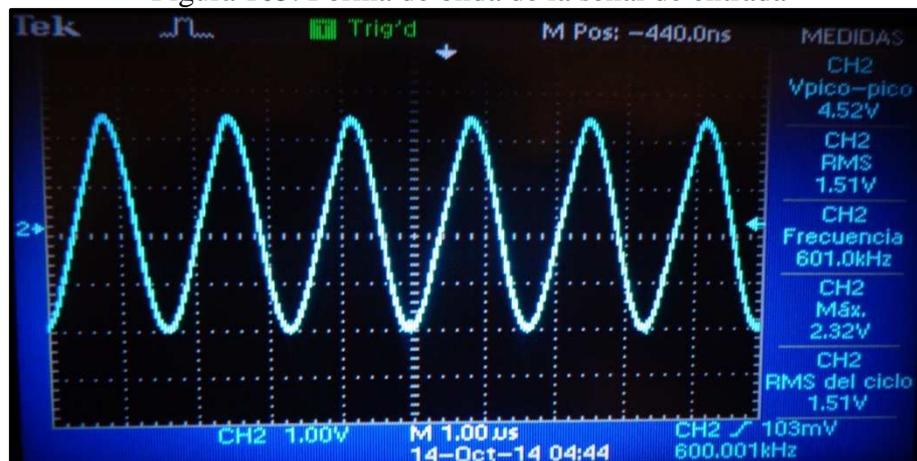
Figura 104. Forma de onda de la señal de entrada



Fuente: Tektronix

- Forma de onda de salida del circuito de emisor común.

Figura 105. Forma de onda de la señal de entrada



Fuente: Tektronix

- Calcule la ganancia de voltaje.

$$A_V = \frac{e_o}{e_I}$$

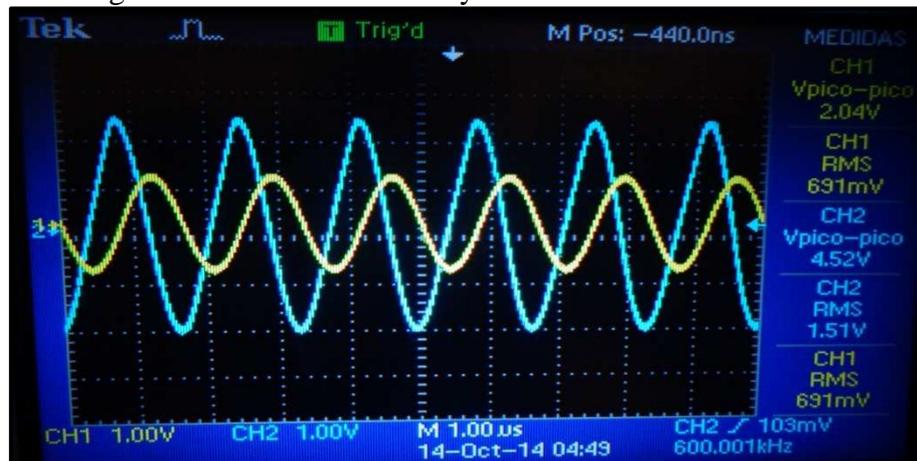
Donde:

$e_o$  = Voltaje de salida

$e_I$  = Voltaje de entrada

$$A_v = 2.215$$

Figura 106. Señal de entrada y salida circuito emisor común



Fuente: Tektronix

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ANEXOS

#### Preguntas

Cuando se usa un transistor como amplificador de emisor común, tiene:

- La unión emisor base polarizada directamente.
- La unión colector base polariza inversamente.
- Ni (a) ni (b).
- Tanto (a) como (b).

La señal de entrada de ca se aplica entre:

- Emisor y colector.
- Base y colector o base y emisor.
- Base y colector.
- Colector y tierra.

La señal de salida de ca se toma entre:

- El emisor y colector.
- La base a tierra.
- Emisor y tierra.

d. Colector y tierra o colector y emisor.

La ganancia de voltaje de ca típicamente:

- a. No se requiere en esta configuración.
- b. Es mayor que la unidad.
- c. Es menor que la unidad.
- d. Ninguno de los anteriores.

La impedancia de salida es:

- a. Infinita.
- b. Baja.
- c. Aproximadamente igual que el valor de la resistencia de emisor.
- d. Aproximadamente igual que el valor de la resistencia de colector.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA No. 03. CIRCUITO COLECTOR COMÚN**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRES:**

**CÓDIGOS:**

.....

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.....

.....

**2. OBJETIVO(S):**

**GENERAL**

- Comprobar experimentalmente la amplificación de circuitos con un transistor BJT 2N2219A en colector común.

**ESPECÍFICOS**

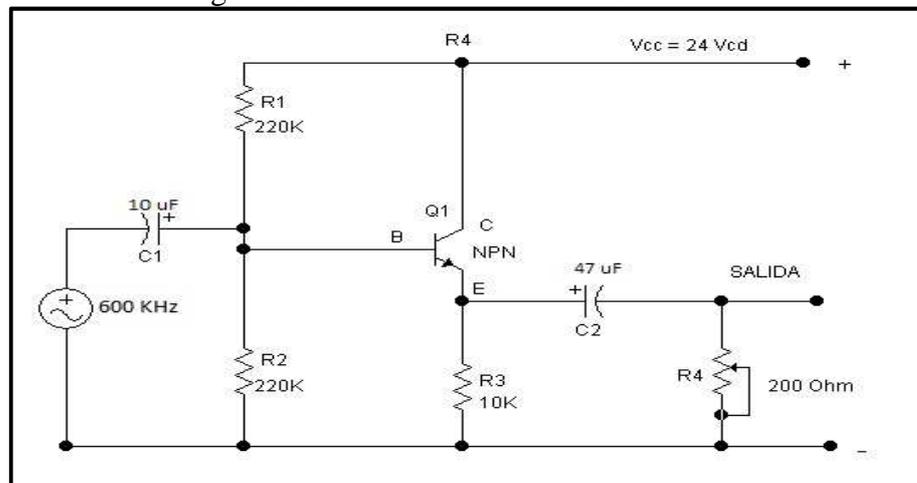
- Calcular y medir los voltajes de operación de cd que se encuentra en un circuito de colector común típico.

- Mostrar cómo funciona un amplificador de colector común típico y medir su ganancia de voltaje con y sin carga.

### 3. METODOLOGÍA

- Monte el circuito como se muestra en la figura 107. Note que el lado negativo del voltaje de cd de la fuente variable está conectado a la terminal de tierra del generador de funciones. Todavía no conecte el potenciómetro R4.

Figura 107. Circuito de Colector Común



Fuente: Autores

- Ajuste el voltaje de la fuente variable de cd de colector Vcc a 24Vcd.
- Fije el generador de funciones arbitrario en la función de onda sine (senoidal) a una frecuencia de 600 KHz.
- Ajuste la salida del generador de funciones arbitrario a una amplitud de 1 V pico a pico en la base de Q1. Utilice la punta de prueba atenuadora de 1X
- Ajuste los controles del osciloscopio digital TDS 2012 C.
- Presione el botón del canal 1 (amarillo entrada) y canal 2 (azul salida)
- Oprima el botón AutoSet (auto configurar).
- Oprima el botón AutoRange (rango automático).
- Oprima el botón Acquire (adquisición), seleccionar modo de adquisición promediado.
- Oprima el botón Trig Menú (menú disparo), escoja el acoplamiento F. Rechazo BF).

- Coloque las perillas de Volts/Div (voltios/división) del canal 1 y canal 2 a 1V.
- Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la base de Q1 y la punta común a tierra (la parte inferior de R3). Utilice la punta de prueba atenuadora 10X.
- Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la salida de su amplificador de colector común. Utilice la punta de prueba atenuadora 10X.
- Ajuste el voltaje de la fuente de colector a 0.
- Conecte R4, el potenciómetro de  $200\Omega$ . A través de la salida de su amplificador de colector común como se muestra en la figura 107.
- Ajuste R4 para resistencia máxima y ajuste Vcc a 24Vcd.
- Ajuste R4 hasta que el voltaje de la señal de salida sea un medio del valor medido de la señal de salida. Reajuste, de ser necesario la salida del generador de funciones, para una señal de entrada de 500mV pico a pico en la base de Q1.
- Ajuste todos los voltajes a 0.

#### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Fuente de energía 24Vcd, 2mA
- Multímetro digital
- Generador de funciones arbitrario
- Osciloscopio de almacenamiento digital
- Módulo de componentes electrónicos
- C1-  $10\mu\text{F}$ , electrolítico
- C2 -  $47\mu\text{F}$ , electrolítico
- Q1 - Transistor NPN 2N2219A
- R1, R2 -  $220\text{k}\Omega$ , 1W
- R3 -  $10\text{k}\Omega$ , 1W
- R4 - Potenciómetro de  $200\Omega$
- Cables

#### 5. MARCO TEORICO

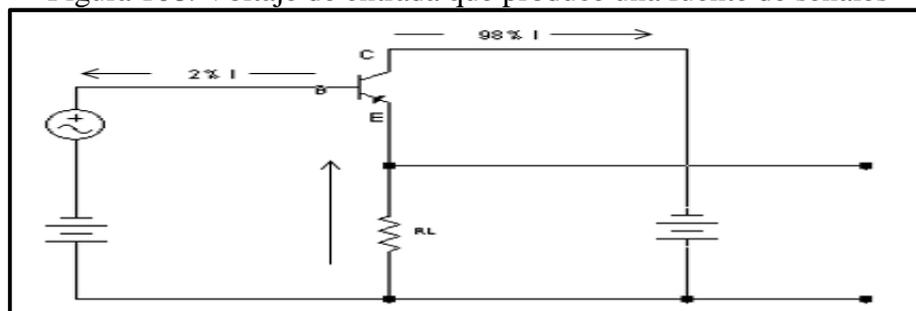
La tercera configuración útil de circuito con transistor es el circuito de colector común. En el circuito de colector común (o colector a tierra) mostrado en la figura 108, la señal

se transmite al circuito base-colector y sale del circuito emisor-colector. De esta manera el elemento colector del transistor es común tanto al circuito de entrada como al de salida. (Las baterías que se muestran son cortocircuitos efectivos para las señales de ca).

La entrada o circuito base-colector tiene alta impedancia (resistencia interna del transistor incluyendo  $R_L$  multiplicado por  $\beta$ ) del orden de 20K a 1000K ohms, y la salida del transistor o circuito emisor-colector tiene baja impedancia del orden de 20 a 1000 ohms. La ganancia de voltaje para el circuito de colector común nunca puede ser mayor que la unidad.

La dirección de las flechas en la figura 108 indica el flujo de la corriente convencional. La ganancia de corriente del circuito de colector común se mide entre la base y el emisor. Debido a que un cambio muy pequeño en la corriente de base produce un cambio importante en la corriente de emisor, la ganancia de corriente siempre es mayor que la unidad para el circuito de colector común; un valor típico es de alrededor de 50. Por lo general, la ganancia de potencia es menor que la que se obtiene en los circuitos base común o emisor común. El circuito de colector común se utiliza con mayor frecuencia como dispositivo de ecualizador de impedancia. Ya que el voltaje en el emisor sigue al voltaje en la entrada o base, al circuito de colector común también se le puede llamar un seguidor del emisor.

Figura 108. Voltaje de entrada que produce una fuente de señales



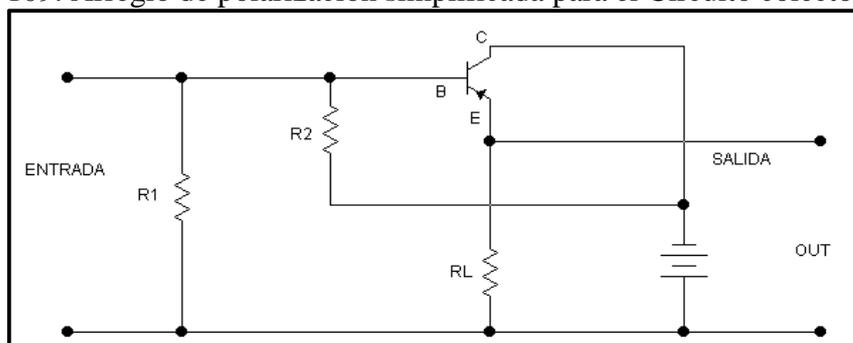
Fuente: Autores

Las ondas de la figura 108 representan el voltaje la entrada que produce la fuente de señales y el voltaje de salida que se desarrolla en la resistencia de carga  $R_L$ . Cando la señal de entrada es positiva, reduce la polarización directa producida por la batería de base-emisor haciendo que la base sea menos negativa y disminuyendo con ello el flujo

de la corriente a través del transistor PNP. El menor flujo de corriente a través de  $R_L$  hace entonces que la parte superior de  $R_L$  sea menos negativa (o más positiva) con respecto a la parte inferior de  $R_L$ . Recíprocamente, cuando la señal de entrada es negativa, la señal de salida también es negativa, con lo que la fase de la señal permanece inalterable en ese circuito, es decir que no hay inversión de fase del voltaje entre la entrada y la salida de un amplificador de colector común.

Los transistores por lo general se polarizan directamente a través de la unión emisor-base e inversamente a través de la unión colector-base. En la figura 108 se utilizaron dos baterías para polarizar correctamente un transistor PNP en el circuito de colector común. Es posible utilizar distintas variaciones de polarización de un circuito de colector común. En la figura 109 se muestra un arreglo de polarización simplificada para el circuito de colector común. Una sola batería (o fuente de energía) suministra el voltaje de polarización para la unión base-emisor a través de la red de divisor de voltaje  $R_1$  y  $R_2$ . La unión base-emisor esta polarizada directamente debido a que la base es negativa con respecto al emisor. La unión colector-base esta polarizada inversamente debido a que el colector es negativo con respecto de la fuente de energía para el colector, de manera que este está conectado a tierra para señales de CA.

Figura 109. Arreglo de polarización simplificada para el Circuito colector común



Fuente: Autores

## 6. PROCEDIMIENTO:

- El voltaje de cd en la unión de  $R_1$  y  $R_2$  también es el voltaje de base  $V_B$  para  $Q_1$ . Calcule el voltaje de base (no considere la pequeña corriente de base que pasa a través de  $R_1$ ) usando la ecuación para el divisor del voltaje.

$$V_B = V_{CC} \times R2 / (R1 + R2)$$

$$V_B = 12 \text{ V CD}$$

- Mida el voltaje de cd entre la base de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_B = 10,66 \text{ V CD}$$

Figura 110. Medida de voltaje entre base y tierra



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el emisor de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_E = 10,14 \text{ V CD}$$

Figura 111. Medida de voltaje



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el colector de Q1 y tierra. Utilice el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_C = 22,85 \text{ V CD}$$

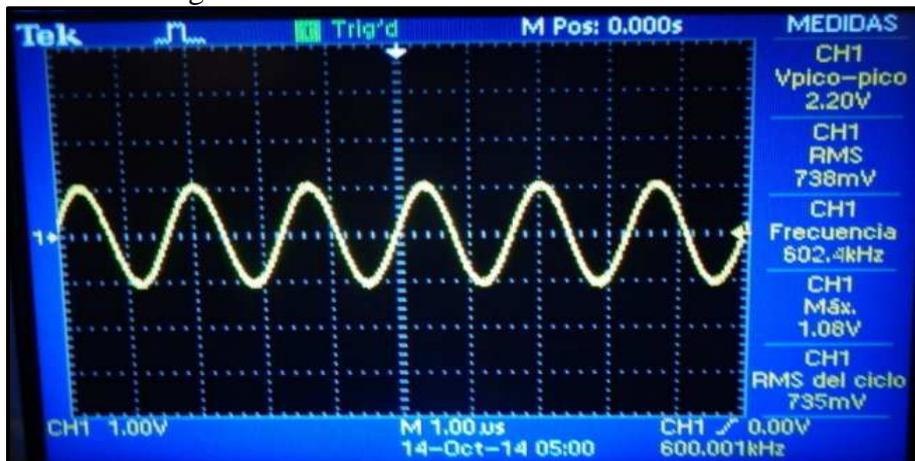
Figura 112. Medida de voltaje



Fuente: Fluke

- Forma de onda de la señal de entrada del circuito de colector común.

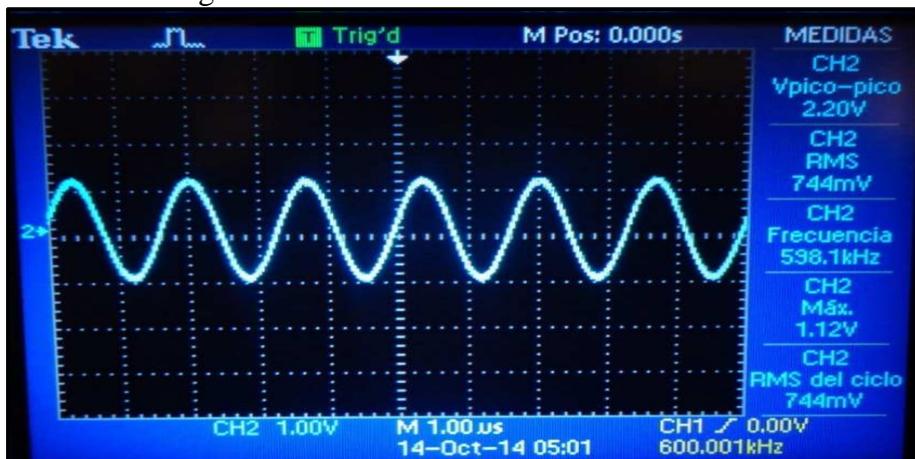
Figura 113. Forma de onda de la señal de entrada



Fuente: Tektronix

- Forma de onda de salida del circuito de colector común.

Figura 114. Forma de onda de la señal de salida



Fuente: Tektronix

- Calcule la ganancia de voltaje.

$$A_v = \frac{e_o}{e_i}$$

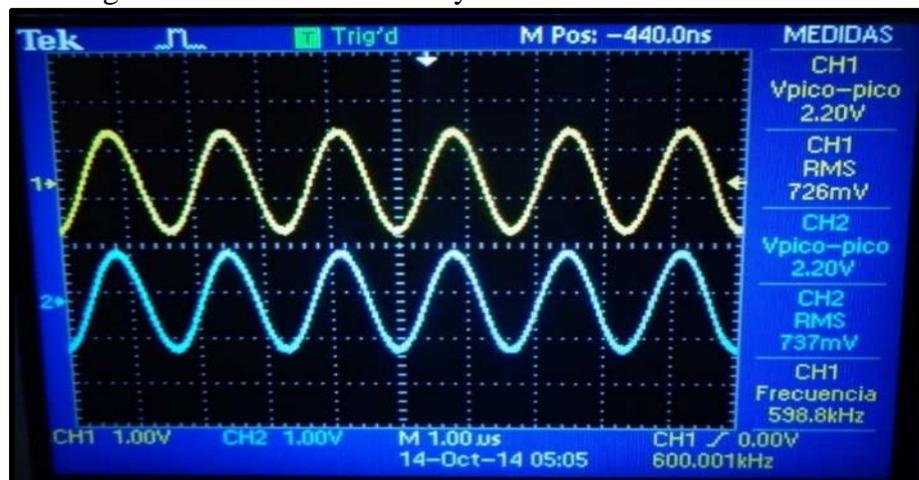
Donde:

$e_o$  = Voltaje de salida

$e_i$  = Voltaje de entrada

$$A_v = 1$$

Figura 115. Señal de entrada y salida circuito colector común



Fuente: Tektronix

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ANEXOS

#### Preguntas

El circuito de colector común se utiliza principalmente como:

- Amplificador de voltaje.
- Amplificador de baja impedancia de entrada.
- Circuito igualador de impedancias.
- Ninguno de los anteriores.

La señal de entrada de ca se aplica entre:

- a. Emisor y colector.
- b. Emisor y base.
- c. Base y tierra.
- d. Colector y tierra.

La señal de salida de ca se toma entre:

- a. Emisor y base.
- b. Base y tierra.
- c. Emisor y tierra.
- d. Colector y base.

La ganancia de voltaje de ca es:

- a. Alta.
- b. Mayor que la unidad.
- c. Más alta que la ganancia de corriente.
- d. Menor que la unidad.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA No. 04. CIRCUITO BASE COMÚN**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRES:**

.....

**CÓDIGOS:**

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

.....

**FECHA DE ENTREGA:**

.....

**2. OBJETIVO(S):**

**GENERAL**

- Comprobar experimentalmente la amplificación de circuitos con un transistor BJT 2N2219A en emisor común.

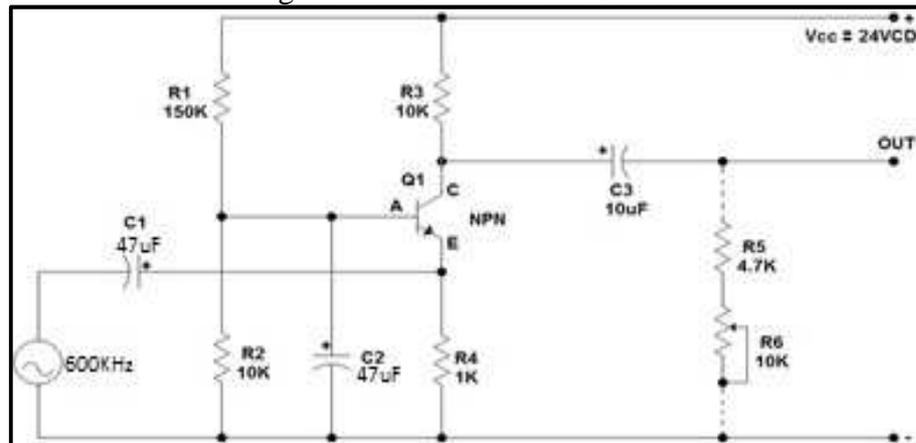
**ESPECÍFICOS**

- Calcular y medir el voltaje de operación de cd que se encuentran en un circuito de base común típico.
- Mostrar cómo funciona y, además, medir la ganancia del voltaje de un circuito amplificador de base común típico con y sin carga.

### 3. METODOLOGÍA

- Conecte el circuito como se muestra en la figura 116. Observe que el lado negativo del voltaje de la fuente de cd está conectado a la terminal de la tierra del generador de funciones. No conecte todavía R5 y el potenciómetro R6.

Figura 116. Circuito Base Común



Fuente: Autores

- Ajuste el voltaje de la fuente variable de cd de colector Vcc a 24 Vcd.
- Fije el generador de funciones arbitrario en la función de onda sine (senoidal) a una frecuencia de 600 KHz.
- Ajuste la salida del generador de funciones arbitrario a una amplitud de 100mV pico a pico en la base de Q1. Utilice la punta de prueba atenuadora de 1X.
- Ajuste los controles calibrados del osciloscopio digital TDS 2012 C.
- Presione el botón del canal 1(amarillo entrada) y canal 2 (azul salida).
- Oprima el botón AutoSet (auto configurar).
- Oprima el botón AutoRange (rango automático).
- Oprima el botón Acquire (adquisición), seleccionar el modo de adquisición promediado.
- Oprima el botón Trig Menú (menú disparo), escoja el acoplamiento F. Rechazo BF.
- Coloque las perillas de Volts/Div (Voltios/división) del canal 1 a 50mV y canal 2 a 500mV.

- Conecte la punta de entrada del osciloscopio emisor de Q1 y la punta común a tierra (la parte inferior de R4). Utilice la punta de prueba atenuadora de 10X.
- Conecte la punta de entrada del osciloscopio a la salida de su amplificador de base común. Utilice la punta de prueba atenuadora de 10X.
- Ajuste el voltaje de la fuente variable de cd de colector a 0.
- Conecte R5, la resistencia de 4.7 K $\Omega$  y R6, el potenciómetro de 10 K $\Omega$  a través de la salida de su amplificador de base común como se muestra en la figura 116.
- Ajuste R6 para máxima resistencia y ajuste Vcc a 24Vcd.
- Ajuste R6 hasta que el voltaje de la señal de salida sea un medio del valor medido de la señal de salida. Reajuste, de ser necesario, la salida del generador de señales, para una señal de entrada de 75mV pico a pico en la base de Q1.
- Ajuste todos los voltajes a cero.

#### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Fuente energía 24V cd, 2mA
- Multímetro digital
- Generador de funciones arbitrario
- Osciloscopio de almacenamiento digital
- Módulo de componentes electrónicos.
- C1, C2 -47 $\mu$ F, electrolítico
- C3 - 10 $\mu$ F, electrolítico
- Q1 - Transistor NPN 2N2219A
- R1 - 150 K $\Omega$ , 1W
- R2, R3 - 10 K $\Omega$ , 1W
- R5- 4,7 K $\Omega$ , 1W
- R6- Potenciómetro de 10 K $\Omega$
- Cables

#### 5. MARCO TEÓRICO

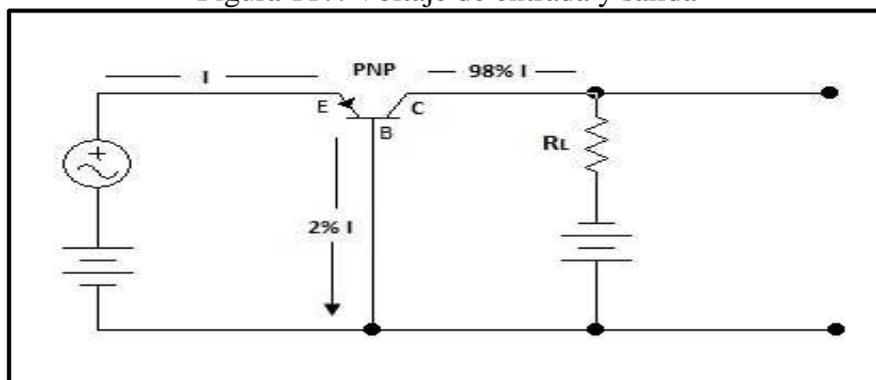
Los transistores son amplificadores ideales. Cuando se aplica una pequeña señal de ca a las terminales de entrada de un transistor, en las terminales de salida aparece una

reproducción amplificada de la misma señal. Aunque hay muchas maneras posibles de conectar la señal de entrada, sólo hay tres configuraciones útiles para la amplificación de corriente o potencia con circuitos de transistores: base común, emisor común y colector común.

El circuito de base común (no abre a tierra) mostrado en la figura 117, la señal se transmite al circuito de emisor – base. En consecuencia, el elemento de la base del transistor es común tanto al circuito de entrada como al de salida. (Las baterías que se mostraron son cortocircuitos efectivos para las señales de ca). Debido a que la entrada del transistor o circuito de emisor – base tiene baja impedancia (resistencia interna del transistor más reactancia) del orden de 1 a 100 ohms, y que salida del transistor o sea el circuito de colector - base tiene alta impedancia (incluye a  $R_L$ ) del orden  $1000 \Omega$  a  $1 M\Omega$  la ganancia de voltaje o potencial para la configuración de base común puede ser hasta de 1000.

La dirección de la flecha en la figura 117 indica el flujo convencional de la corriente. Como ya sabe usted, casi toda la corriente del emisor fluye al colector, el resto fluye a través de la base. En los transistores reales llega al colector entre 97 y 99,5% de la corriente del emisor. En consecuencia la ganancia de corriente de una configuración de base común es siempre menor a uno (o sea a la unidad).

Figura 117. Voltaje de entrada y salida



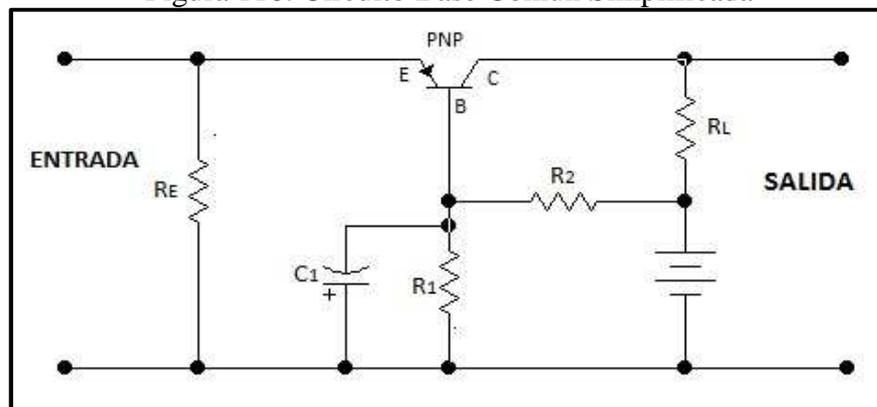
Fuente: Autores

Las ondas de la figura 117 representa el voltaje de entrada producido por la fuente de la señal y el voltaje de salida desarrollado a través de la resistencia de carga  $R_L$ . Cuando la señal de entrada es positiva, se suma a la polarización directa producida por la batería de

base- emisor (lo que hace que el emisor sea más positivo que la base) aumentando con ello el flujo de la corriente a través del circuito PNP. El mayor flujo de corriente a través de RL hace entonces que la parte superior de RL se aminoros negativa (O más positiva) con respecto a su parte inferior. Recíprocamente, cuando la señal de entrada es negativa, la señal de salida también lo es. Por tanto, la fase de la señal no cambia en este circuito; es decir que las señales de entrada y salida están “en fase” en el amplificador de base común.

Por lo general los transistores se polarizan directamente a través de la unión emisor - base e inversamente a través de la unión colector base. En la figura 117 se utilizaron dos baterías para polarizar correctamente al transistor PNP en el circuito base común. También se puede utilizar distintas variaciones para polarizar un circuito de base común. En la figura 118 se muestra una disposición simplificada de polarización para el circuito de base común. Una sola batería (o fuente de energía) suministrada el voltaje de polarización para la unión de emisor- base a través de la red de división de voltaje R1 y R2. La unión emisor – base está polarizada directamente debido a que la base es negativa con respecto al emisor. La unión colector – base está polarizada inversamente debido a que el colector es negativo con respecto de la base. El capacitor C1 proporciona una trayectoria de baja impedancia para las señales de ca de la base a tierra de manera que el voltaje de polarización permanezca fijo a un nivel de cd. La señal de ca pasa a R1 a tierra.

Figura 118. Circuito Base Común Simplificada



Fuente: Autores

**6. PROCEDIMIENTO:**

- El voltaje de cd en la unión de R1 y R2 también es el voltaje de base  $V_B$  para Q1. Calcule el voltaje de base (no considere la pequeña corriente de base que pasa a través de R1) usando la ecuación para el divisor del voltaje.

$$V_B = V_{CC} \times R2 / (R1 + R2)$$

$$V_B = 1.5 \text{ V CD}$$

- Mida el voltaje de cd entre la base de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_B = 1.3 \text{ V CD}$$

Figura 119. Medida de voltaje entre la base y tierra



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el emisor de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_E = 0.68 \text{ V CD}$$

Figura 120. Medida de voltaje entre el emisor y tierra



Fuente: Fluke

- Mida el voltaje de cd entre el colector de Q1 y tierra. Use el multímetro digital Fluke 115 para realizar las mediciones.

$$V_c = 16.04 \text{ V CD}$$

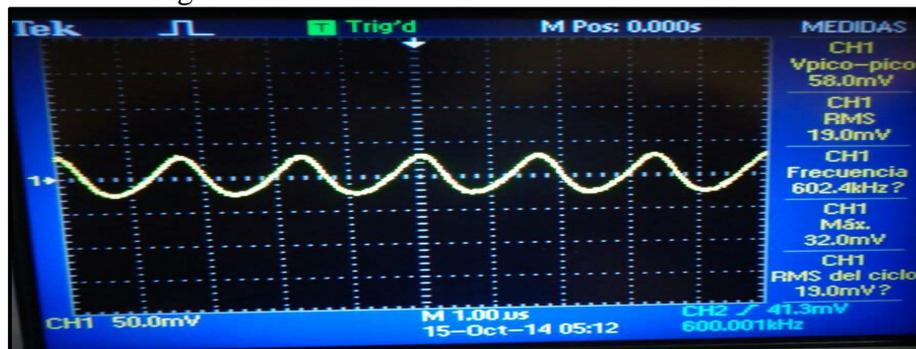
Figura 121. Medida de voltaje entre colector y tierra



Fuente: Fluke

- Forma de onda de la señal de entrada del circuito de base común.

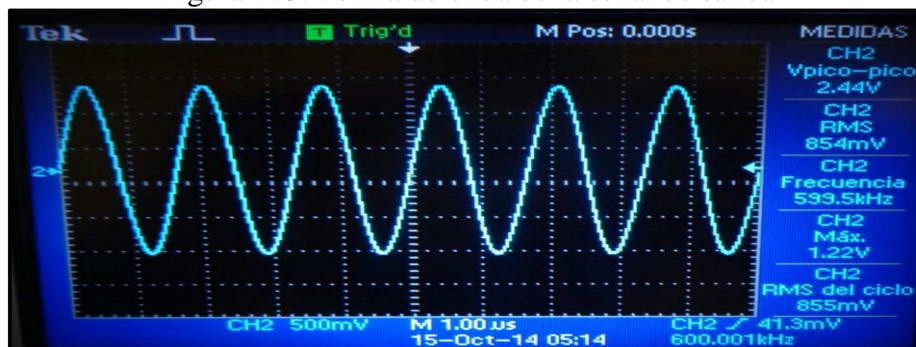
Figura 122. Forma de onda de la señal de entrada



Fuente: Tektronix

- Forma de onda de salida del circuito de base común.

Figura 123. Forma de onda de la señal de salida



Fuente: Tektronix

- Calcule la ganancia de voltaje.

$$A_v = \frac{e_o}{e_I}$$

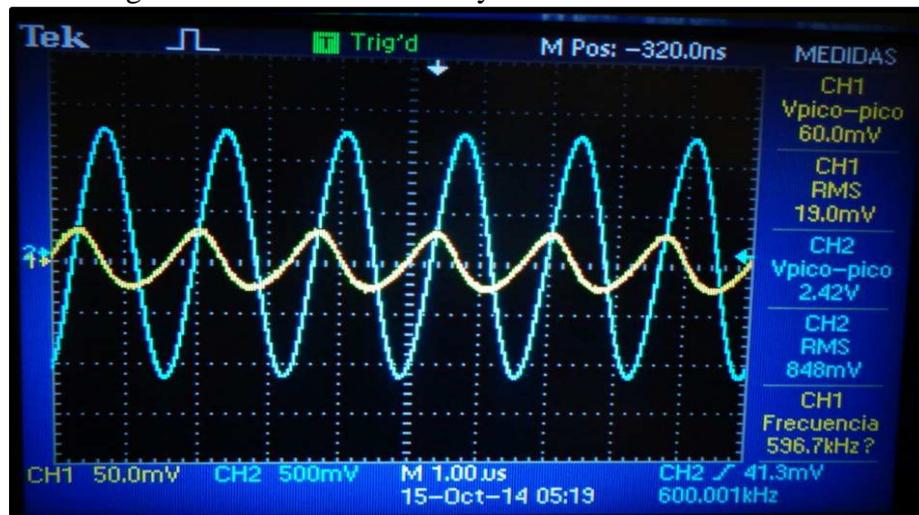
Dónde:

$e_o$  = Voltaje de salida

$e_I$  = Voltaje de entrada

$$A_v = 42$$

Figura 124. Señal de entrada y salida circuito base común



Fuente: Tektronix

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ANEXOS

#### Preguntas

Hacer conexiones de base a tierra con un capacitor de valor grande:

- Conecte muy bien la base a tierra para cd.
- La base para las señales de ca está muy bien conectada a tierra.
- Conecte muy bien la base a la señal de entrada de ca.

d. Aísle muy bien la base del emisor.

La señal de entrada de ca del emisor:

- a. El emisor y colector.
- b. El emisor y base o emisor y tierra.
- c. La base y el colector.
- d. El colector y tierra.

La señal de salida de ca se toma entre:

- a. El emisor y colector.
- b. La base y tierra.
- c. El emisor y tierra.
- d. El colector y la base o colector y tierra.

La ganancia de voltaje de ca es:

- a. Alta.
- b. Aproximadamente 3.2.
- c. Inferior a la ganancia de corriente.
- d. Menor que la unidad.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se ha implementado la estación de análisis de señales de corriente alterna va a permitir el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes de las cuatro escuelas que cuenta la Facultad de Mecánica.

Se elaboró un manual de operaciones de los diferentes equipos que conforman la estación de análisis de señales, que garantizan el manejo y el óptimo funcionamiento.

Se desarrolló guías para la estación de análisis de señales de corriente alterna, permitirán otorgar al docente y estudiante de una herramienta adecuada para mejorar el aprendizaje en el laboratorio.

Se logró un análisis, visualización y medición de las ondas de corriente alterna que generan los circuitos con semiconductores, mediante los equipos que conforman la estación de análisis de señales.

El diseño del panel de componentes electrónicos se lo realizó en función de la selección y distribución de los elementos que lo conforman, permitiendo su fácil operación y manejo.

#### 5.2 Recomendaciones

Tener en cuenta las indicaciones que constan en el manual de operación puesto que en el uso y manejo de esta estación de análisis de señales se requiere de cuidado y responsabilidad debido al que se manejan equipos electrónicos.

No realizar conexiones o desconexiones mientras los equipos se estén utilizando ya que podrían ocasionar daños tanto materiales y a la integridad del estudiante.

Tener un conocimiento básico de los equipos antes de su empleo, para así lograr su uso correcto y un mejor desempeño.

Cumplir con los procedimientos siguiendo los lineamientos establecidos en las prácticas, para evitar errores en las conexiones de los circuitos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARTERO, ÓSCAR TORRENTE. 2013.**Arduino curso práctico de formación. España : Grupo RC, 2013.

**BARCHIESI, JUAN VIGNOLO. 2008.**Introducción al procesamiento de señales digitales . Valparaíso - Chile : Universidad de Valparaíso, 2008.

**DIODO ZENER, CARACTERÍSTICAS. 2013.** Unicrom. [En línea] 19 de AGOSTO de 2013. [http://www.unicrom.com/Tut\\_diodozener\\_.asp](http://www.unicrom.com/Tut_diodozener_.asp).

**ENRIQUE MANDADO, PERFECTO MARIÑO, ALFONSO LAGO. 1995.**Instrumentación Electrónica. Barcelona : Gráficas 92, S.A., 1995.

**ESTELLER, JUAN MANUEL MILLÁN. 2010.**Instalaciones de megafonía y sonorización. 2010.

**JOSÉ DAMIÁN CABEZAS POZO, EUFRASIO OLIVER SÁNCHEZ. 2011.**Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios. Madrid - España : s.n., 2011.

**MARTÍNEZ, JESÚS RUIZ. 2003.**Física y Química . Sevilla : MAD. S.L., 2003.

**MORÓN, JOSÉ. 2011.**Señales y sistemas . Maracaibo - Venezuela : Universidad Rafael Urdaneta, 2011.

**ROBERT L. BOYLESTAD, LOUIS NASHELSKY. 1997.**Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos . México : Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1997.

**RODRÍGUEZ, PEDRO CLAUDIO. 2012.**Introducción a las mediciones eléctricas. Buenos Aires - Argentina : ALSINA, 2011, 2012.

**SEMICONDUCTORES. 2014.** Electrónica Fácil. Electrónica Fácil. [En línea] 16 de 10 de 2014. [Citado el: 16 de 10 de 2014.] <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Curso-Electronica-Basica-2-entrega.php#961>.

**TOMASI, WAYNE. 2003.**Sistemas de comunicaciones electrónica. México : s.n., 2003.