

## **Practica1.- Determinación experimental de la característica I-V del diodo de unión.**

### **A.- Objetivos**

- 1.- Medir los efectos de la polarización directa e inversa en la corriente por el diodo.
- 2.- Determinar experimentalmente y representar la característica corriente-tensión en el diodo de unión.
- 3.- Comprobar el estado de un diodo.

### **B.- Introducción**

#### **Semiconductores**

Los semiconductores son sólidos cuya conductividad está en una zona intermedia entre la de los metales y los aislantes. Como ejemplos de semiconductores basta considerar los transistores, diodos de unión, diodos Zener, etc. Todos ellos son ampliamente usados en campos de la informática, electrónica industrial, de consumo...

Los semiconductores son empleados en diferentes funciones tales como rectificación, amplificación, detectores, osciladores y en circuitos de conmutación. Algunas de sus características más destacadas en relación a la tecnología anterior de tubos de vacío son:

- 1.- Reducidas dimensiones y peso, lo cual permite un aumento en la miniaturización de los dispositivos.
- 2.- El elemento activo es de estado sólido evitando cualquier vibración de tipo mecánico en su funcionamiento.
- 3.- Los semiconductores necesitan poca potencia para su correcto funcionamiento, disipando mucho menos calor que sus antecesores, las válvulas.

#### **Materiales semiconductores e impurezas**

Inicialmente el material empleado en la construcción de semiconductores fue el germanio (Ge) pero en la actualidad la práctica totalidad de los semiconductores son materializados a partir del silicio (Si) debido a su menor dependencia térmica.

En el estado inicial y a bajas temperaturas, ambos materiales poseen una elevada resistividad y necesitan ser tratados posteriormente para lograr su carácter semiconductor bien de tipo N o de tipo P. Este proceso posterior se denomina "dopado", el cual consiste en la adición de determinadas sustancias llamadas impurezas, las cuales dotan al material de cierta concentración de cargas aumentando de forma considerable la conductividad eléctrica del material.

#### **Portadores de carga en un semiconductor**

En un tubo de vacío la conducción de la corriente se realiza mediante los portadores negativos de carga, es decir, los electrones. En un semiconductor el flujo neto de corriente es debido a los portadores de carga negativa (electrones) y a los de carga positiva (huecos), ambos están dotados de carga eléctrica, masa asociada, movilidad, etc.

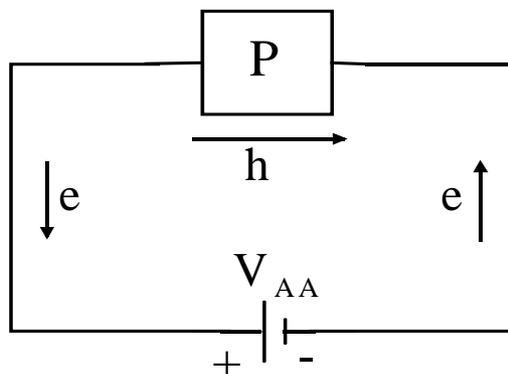
Impurezas del tipo del arsénico (As) o antimonio (Sb) aumentan la concentración de portadores de carga negativa en el silicio. Por esta razón el silicio dopado con este tipo de sustancias es llamado de tipo N. Existe muy baja concentración de portadores de carga positiva en este tipo de semiconductor por lo que se denomina a estos portadores los minoritarios, mientras que los electrones, que están en gran población, son llamados en este tipo de material los portadores mayoritarios.

Por otro lado, impurezas del tipo del indio (In) y galio (Ga) aumentan la conductividad del silicio aumentando la concentración de portadores de carga positiva en detrimento de los portadores negativos. El silicio dopado con este tipo de sustancias es llamado de tipo P. Los

huecos que están en grandes concentraciones son aquí los portadores mayoritarios, mientras que los electrones son los portadores minoritarios.

Desde el punto de vista eléctrico los huecos presentan atracción por los electrones libres mientras que los electrones tienen afinidad eléctrica por los huecos, de forma que neutralicen su carga.

El movimiento eléctrico de los portadores de carga se controla mediante la aplicación de una tensión externa  $V_{AA}$  (figura 1). Los huecos en un material de tipo P son repelidos por el terminal positivo moviéndose hacia el terminal negativo de  $V_{AA}$ . Los electrones generados en el material se mueven en dirección contraria.



**Fig. 1.-** Movimiento de los portadores de carga en un cristal de tipo P sometido a una polarización externa.

### Conducción en un diodo semiconductor de unión

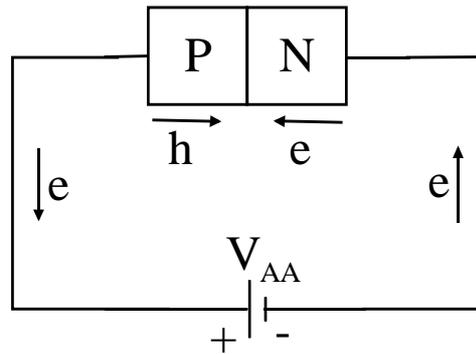
La unión física de un material de tipo P con otro de tipo N recibe el nombre de diodo de unión (fig. 2).



**Fig. 2.-** Diodo de unión.

Este material tiene una característica especial, la de dejar pasar el flujo de corriente sólo en un sentido.

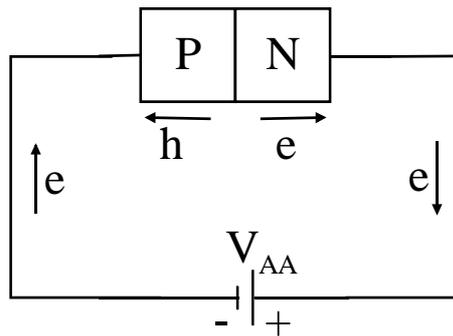
Si se considera una tensión aplicada con la polaridad de la figura 3 se producirá una circulación de electrones desde el terminal negativo de  $V_{AA}$  hacia la parte N, una vez en ella se produce su repulsión eléctrica siendo proyectados hacia la zona de la unión PN. Los huecos se mueven desde el terminal positivo hacia la zona P donde también son repelidos hacia la unión PN. Es en esta zona donde tiene lugar una recombinación de electrones y huecos. Sin embargo también tiene lugar un proceso de regeneración de portadores mediante la ruptura de enlaces de la red covalente del cristal y la creación de electrones libres y huecos. En este proceso los electrones creados en la parte P son atraídos por el terminal positivo de la fuente externa. Este proceso es continuo y el flujo de corriente es mantenido por la fuente externa de forma que si ésta aumenta la corriente también se ve incrementada.



**Fig. 3.-** Flujo de corriente en el diodo con polarización positiva.

La disposición de la fuente externa con su terminal positivo en la parte P y el negativo en la parte N confiere al diodo la llamada polarización directa o positiva en la cual este dispositivo manifiesta una muy baja resistencia a la conducción eléctrica.

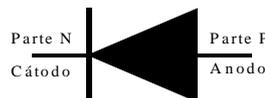
La llamada polarización inversa o negativa se representa en la figura 4. El terminal positivo de la fuente atrae los electrones libres de la parte N desde la unión, y el terminal negativo atrae los huecos de la parte P. En este caso los portadores mayoritarios no tienen energía suficiente como para atravesar la zona de la unión registrándose una corriente inversa muy pequeña debida a la baja concentración de portadores minoritarios, es decir electrones en la parte P y huecos en la parte N, puesto que la polaridad de la fuente permite la conducción de este tipo de portadores. Sólo una corriente muy débil del orden de  $\mu\text{A}$  se obtiene con esta polarización. La disposición en polarización inversa proporciona al diodo una resistencia muy elevada.



**Fig. 4.-** Polarización inversa en el diodo de unión.

Sin embargo, el progresivo aumento de la polarización tanto directa como inversa hace crecer el nivel de corriente, pero no debe sobrepasarse un determinado nivel de tensión especificado por el fabricante pues en caso contrario se dañaría el diodo.

La figura 5 representa el símbolo electrónico de un diodo de unión con la nomenclatura del ánodo y cátodo para las partes P y N respectivamente.

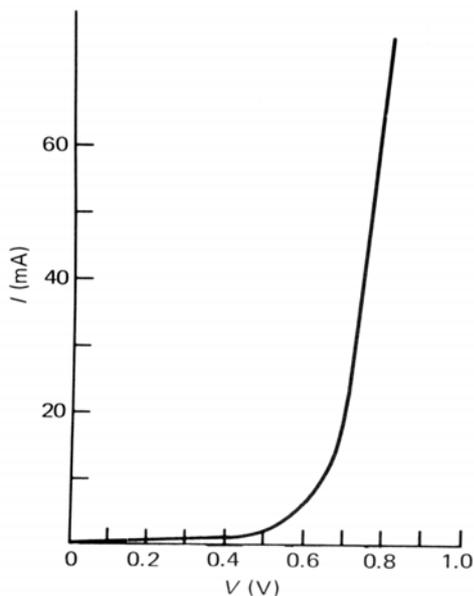


**Fig. 5.-** Símbolo circuital para el diodo de unión.

### Característica directa corriente-tensión

La característica corriente-tensión de un diodo es una gráfica donde se representa la corriente que circula a su través en función de la tensión aplicada entre sus terminales. Experimentalmente se obtiene por aumento progresivo de la tensión aplicada y posterior recogida de la corriente que circula. Para un diodo de silicio la corriente es muy baja para tensiones inferiores a los 0.7 V de polarización directa, sin embargo, si la tensión aumenta por encima de este nivel se acusa un paso neto de corriente cuyo valor aumenta de forma considerable para pequeños aumentos de la

tensión. Una característica típica directa está representada en la figura 6.



**Fig. 6.-** Característica directa corriente-tensión en un diodo de unión.

La tensión umbral de conducción en un diodo de unión de silicio es de 0.7 V, para diodos de germanio es de 0.3 V. Hay un límite al aumento de corriente por encima del cual el diodo puede ser destruido por sobrecalentamiento excesivo.

Cuando el diodo está inversamente polarizado circula un nivel muy bajo de corriente inversa el cual es prácticamente independiente de la tensión inversa aplicada en un amplio rango de valores. Este comportamiento también tiene un límite llamado tensión de ruptura o de avalancha, por debajo del cual el diodo entra en la región de ruptura pudiendo destruirse si no se pone una limitación externa. En consecuencia, el diodo debe operar siempre entre estos dos límites de seguridad. El fabricante siempre proporciona unos valores máximos los cuales vienen denotados mediante magnitudes características:

$V_{RM}$  : Máxima tensión inversa permitida.

$I_{FM}$  : Máxima corriente de pico directa permitida.

### **C.- Material requerido**

- \* Fuente de alimentación de continua regulable.
- \* Un multímetro
- \* Resistencias de  $1k\Omega$ ,  $10k\Omega$  y  $100k\Omega$ .
- \* Semiconductores: 1N4148 (Si) y OA90(Ge).

### **D.- Procedimiento experimental**

#### **Polarización del diodo**

- 1.1. Examinar el diodo 1N4148 identificando los terminales del ánodo y cátodo.

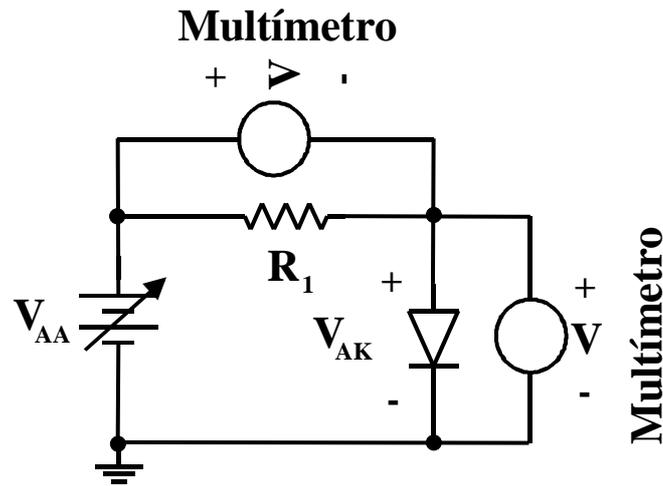


Fig. 7.- Montaje a emplear.

- 1.2. Conectar el circuito de la figura 7 con el diodo directamente polarizado. V es un multímetro operando como voltímetro en DC el cual podemos emplear o bien para la medida de la caída de tensión  $V_{AK}$  o bien para la de la caída de tensión en  $R_1$ . Seleccionar  $R_1$  de  $1k\Omega$  y variar la tensión de alimentación hasta que se detecte a través del diodo una caída de tensión  $V_{AK}$  de 0.7 V. Medir la caída de tensión en dicho caso a través de  $R_1$  y a partir de ésta obtener la corriente circulante por el diodo y anotarla en la tabla 1.1.
- 1.3. Invertir las conexiones de la fuente externa al circuito y cambiar  $R_1$  por  $100k\Omega$ . Reajustar la tensión de alimentación hasta que  $V_{AK}$  en el diodo sea de -1.5V. Medir la caída de tensión en dicho caso a través de  $R_1$  y a partir de ésta obtener la corriente circulante por el diodo y anotarla en la tabla 1.1.
- 1.4. Mediante la Ley de Ohm determinar la resistencia del diodo ( $V_{AK} / I_{AK}$ ) cuando está directa e inversamente polarizado. Anotar los resultados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Para el diodo de Silicio.

Polarización	$V_{AK}$ (V)	I (mA)	$R_{diodo}$ ( $\Omega$ )
Directa	0.7		

Polarización	$V_{AK}$ (V)	I (nA)	$R_{diodo}$ (M $\Omega$ )
Inversa	-1.5		

### Característica tensión-corriente

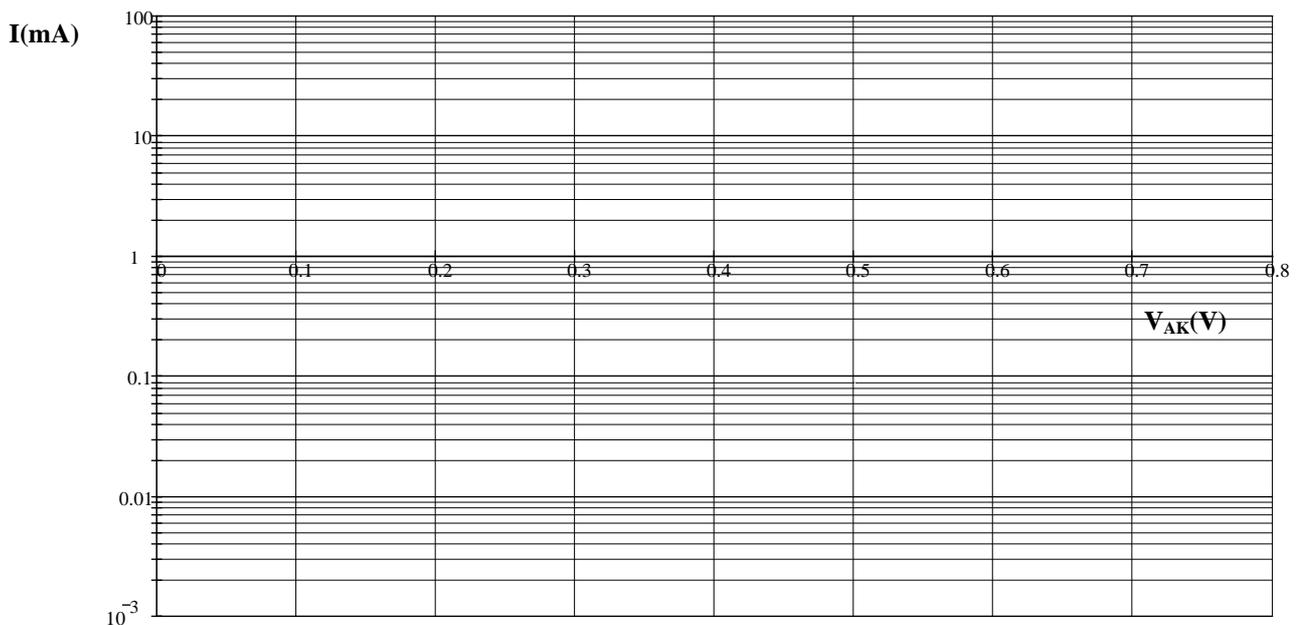
2. Invertir de nuevo la conexión de la fuente externa recuperando la configuración inicial de la figura 7 con  $R_1$  de  $1k\Omega$ . Aumentar la tensión de alimentación para que la tensión  $V_{AK}$  aumente de acuerdo a los valores indicados en la tabla 1.2. Para cada uno de estos valores medir la caída de tensión a través de  $R_1$  y a partir de ésta obtener la corriente circulante por el diodo. Anotar los resultados en la tabla 1.2. Para cada condición calcular y anotar la resistencia directa del diodo.
3. Invertir la polaridad de la fuente externa en el circuito y colocar  $R_1$  de  $100k\Omega$ . El diodo ahora está inversamente polarizado. Variar la tensión de alimentación para que la tensión  $V_{AK}$  varíe de acuerdo a los valores indicados en la tabla 1.2. Para cada uno de estos valores medir la

caída de tensión a través de  $R_1$  y a partir de ésta obtener la corriente circulante por el diodo. Calcular y anotar para cada condición la resistencia en polarización inversa que ofrece el diodo.

*Tabla 1.2 Para el diodo de Silicio.*

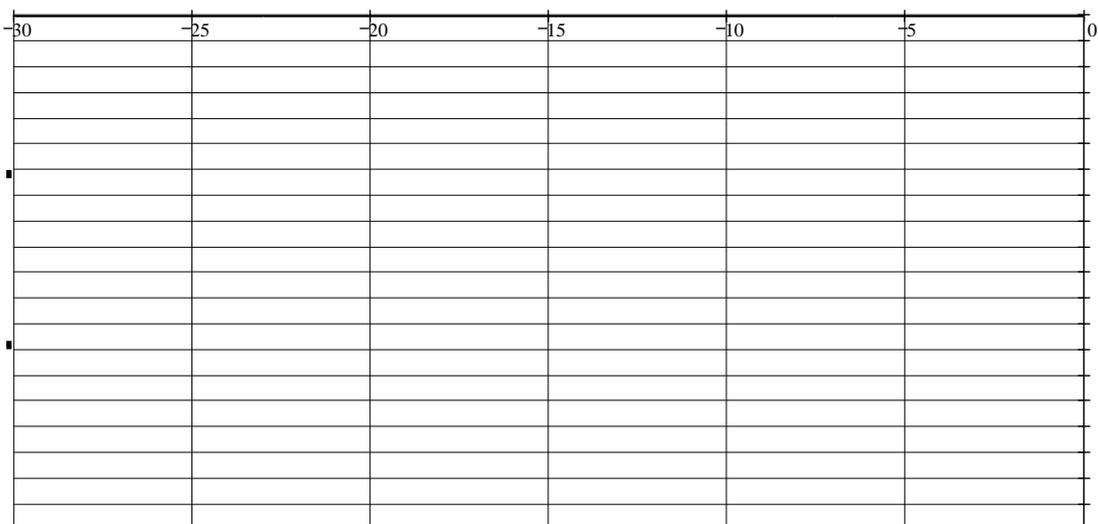
POLARIZACIÓN DIRECTA			POLARIZACIÓN INVERSA		
$V_{AK}$ (V)	I	R	$V_{AK}$ (V)	I	R
0			0		
0.1			-5		
0.2			-10		
0.3			-15		
0.4			-20		
0.5			-25		
0.6			-30		
0.7			Seleccionar las unidades de I (nA, $\mu$ A ó mA) y de R ( $\Omega$ , k $\Omega$ ó M $\Omega$ ) más adecuadas para cada caso concreto.		
0.75					

4. Emplear la gráfica que se muestra a continuación para representar los valores de I en función de  $V_{AK}$  para el caso de polarización directa. Fijarse que, la escala de corrientes es logarítmica para poder representar todo el rango de valores que presenta la corriente.



5. Emplear la gráfica que se muestra a continuación para representar los valores de I en función de  $V_{AK}$  para el caso de polarización inversa.

$V_{AK}(V)$



6. Repetir de nuevo los pasos 1 a 3 para el diodo de germanio (OA90), empleando  $R_1$  de  $10k\Omega$  tanto en polarización directa como inversa y para los valores indicados en las tablas 1.3 y 1.4.

**Tabla 1.3. Para el diodo de germanio**

Polarización	$V_{AK}$ (V)	I (mA)	$R_{diodo}$ ( $\Omega$ )
Directa	0.3		

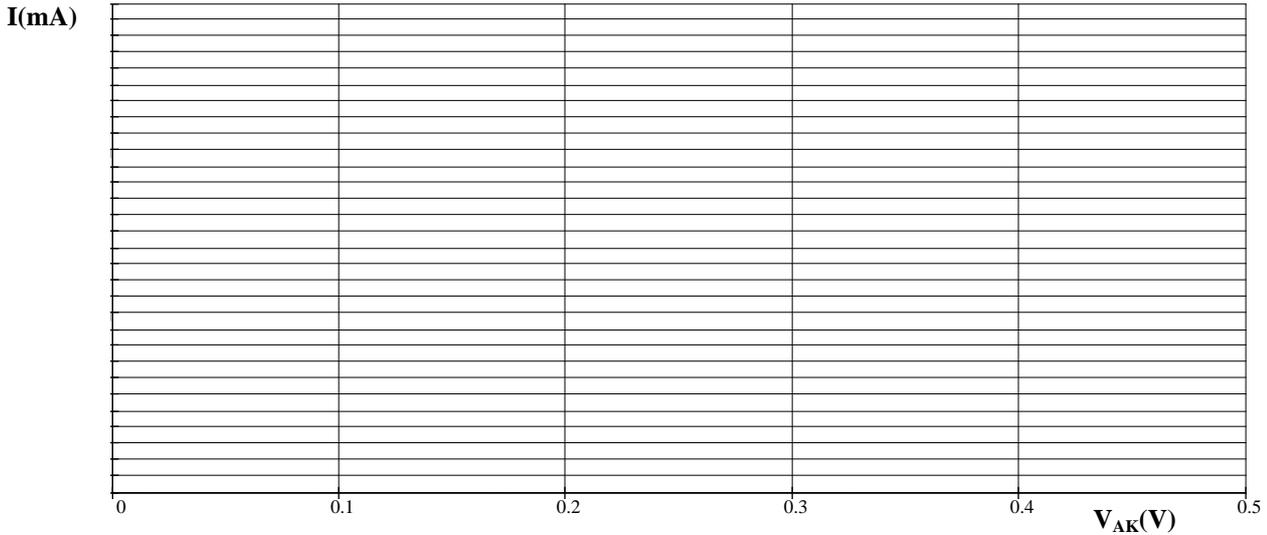
Polarización	$V_{AK}$ (V)	I ( $\mu$ A)	$R_{diodo}$ ( $k\Omega$ )
Inversa	-1.0		

**Tabla 1.4. Para el diodo de germanio**

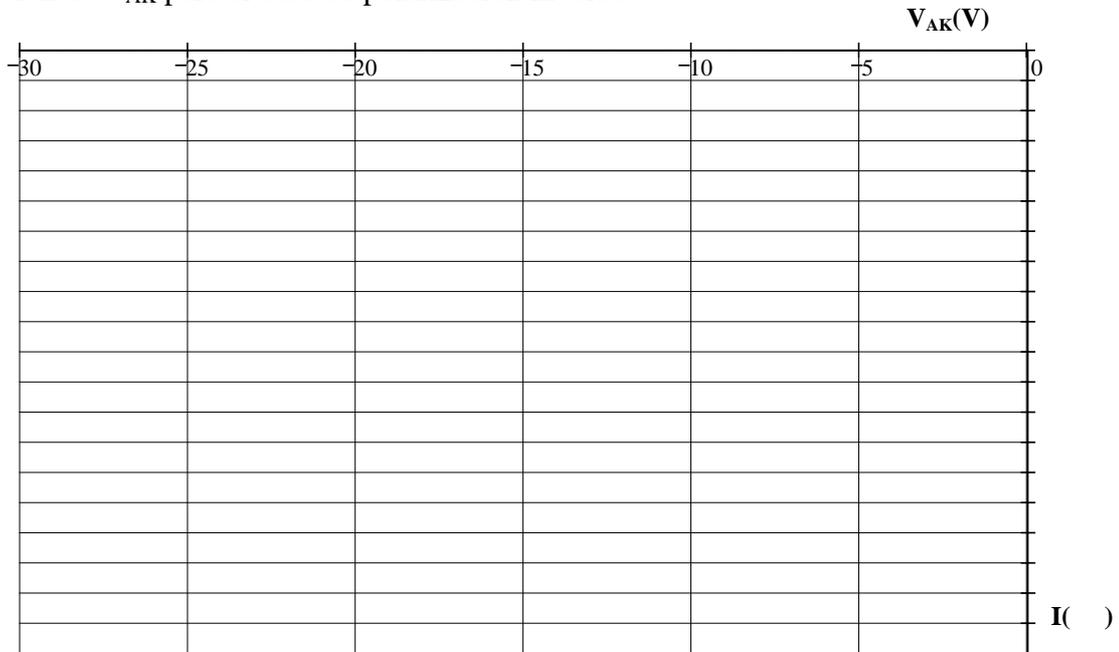
POLARIZACIÓN DIRECTA			POLARIZACIÓN INVERSA		
$V_{AK}$ (V)	I	R	$V_{AK}$ (V)	I	R
0			0		
0.05			-5		
0.1			-10		
0.15			-15		
0.2			-20		
0.25			-25		
0.3			-30		
0.4			Seleccionar las unidades de I (nA, $\mu$ A ó mA) y de R ( $\Omega$ , $k\Omega$ ó $M\Omega$ ) más adecuadas para cada caso concreto.		
0.5					

7. Emplear la gráfica que se muestra a continuación para representar los valores de I en

función de  $V_{AK}$  para el caso de polarización directa.



8. Emplear la gráfica que se muestra a continuación para representar los valores de I en función de  $V_{AK}$  para el caso de polarización inversa.



**E.- Cuestiones**

1. ¿Bajo qué condiciones un diodo entra en conducción? Emplear para la explicación los resultados de la tabla 1.2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ¿Cuáles son las limitaciones para a) una polarización directa, b) una polarización inversa?

Emplear para la explicación las hojas de especificaciones proporcionadas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ¿Cómo identificarías el ánodo y cátodo de un diodo que no estuviera marcado a partir del montaje experimental de la Fig. 7?

.....

.....

.....

.....

.....

.....