

## Vectores

Un vector es la forma de representar una magnitud que tiene una dirección y un sentido determinados. Se representa un vector como una flecha cuyo tamaño sería su magnitud, la dirección el trazado de la misma y el sentido aquél hacia donde apunta la flecha.

Todo vector tiene una situación en el espacio tridimensional y se puede localizar de manera precisa mediante su descomposición algebraica, que se hace mediante la proyección del vector en cada uno de los tres planos del espacio.

46

En el corazón, las fuerzas de despolarización poseen una magnitud, una dirección y un sentido que se pueden expresar mediante vectores. Existen tantos como células, pero el conjunto celular de cada zona cardíaca va formando resultantes representadas mediante vectores.

46

En el corazón se pueden distinguir básicamente cuatro vectores (Ver Imagen 1):

- ▶ Un primer vector (1) correspondiente a la resultante de las fuerzas eléctricas responsables de la activación auricular.
- ▶ Un segundo vector (2) correspondiente a la activación del tabique interventricular.
- ▶ El tercer vector (3) se corresponde con la despolarización ventricular central y apical.

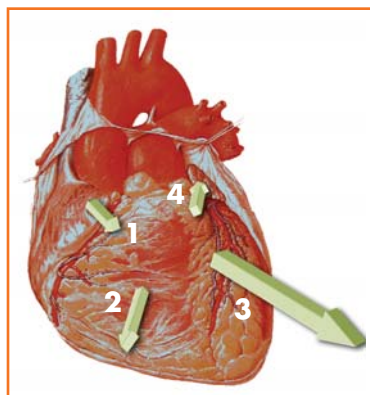


Imagen 1. Vectores en el corazón

- El cuarto vector (4) representaría las fuerzas de activación basal y posterior del ventrículo izquierdo y el septo.

La magnitud, la dirección y el sentido de todos estos vectores de despolarización se captan y pueden medirse en el electrocardiograma. La suma algebraica de todos ellos da lugar al eje eléctrico cardiaco.

### Derivaciones electrocardiográficas y hemicampos

Ya se han analizado las derivaciones electrocardiográficas que delimitan unos puntos de referencia estándares para la recogida normalizada de la información eléctrica del corazón.

En este punto, es conveniente recordar que existen doce derivaciones, seis del plano frontal (DI, DII y DIII –bipolares– y aVL, aVR y aVF –monopolares–) y seis del plano horizontal ( $V_1$  a  $V_6$ , todas monopolares).

Cuando el vector se aproxima al electrodo positivo de la derivación, se capta una deflexión positiva (por encima de la línea de reposo) y, cuando se aleja, sucede lo contrario.

Cada derivación determina, con respecto a un plano perpendicular a ella, dos hemicampos: un hemicampo positivo y otro negativo.

Por otro lado, ya se ha mencionado que todo vector puede representarse algebraicamente mediante su descomposición en los tres planos del espacio.

Para obtener la situación espacial del vector dominante en la despolarización cardiaca habrá que utilizar tres derivaciones que se sitúen cada una en un plano del espacio (Ver Imagen 2):

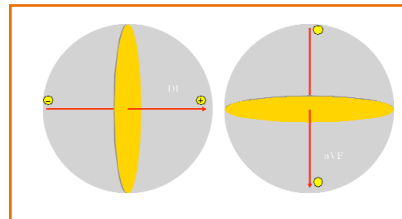


Imagen 2. Hemicampos



- ▶ DI: establece dos hemicampos respecto al plano sagital.
- ▶ aVF: establece dos hemicampos respecto al plano horizontal.
- ▶ V<sub>2</sub>: establece dos hemicampos respecto al plano frontal.

## El eje eléctrico cardiaco

El eje eléctrico del corazón es el vector resultante de todas las fuerzas eléctricas que intervienen en la despolarización. En su constitución contribuye, por encima de cualquier otro, el vector de la despolarización ventricular dada su infinitamente mayor magnitud. El eje cardiaco viene pues determinado por la resultante de todas las fuerzas de despolarización ventricular (representadas en el electrocardiograma por el QRS). De igual manera es posible determinar el eje de la despolarización auricular (onda P) y de la repolarización (onda T).

En el sistema de ejes, se considera el punto de 0° el que coincide con DI y el de +90° aquél al que apunta aVF. El eje eléctrico normal (EN) se encuentra entre los 0° y +90° del sistema de ejes. Cuando el eje cardiaco está entre 0° y -90° se dice que está desviado a la izquierda (DEI). Cuando se halla entre +90° y +180° se habla de desviación a la derecha (DED). Entre +/-180° y -90° se trata de una desviación extrema o "tierra de nadie" (TDN) (Ver Imagen 3).

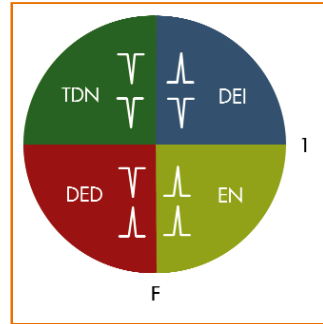


Imagen 3. DI y aVF en los cuatro cuadrantes

El cálculo del eje del complejo QRS en el plano frontal se realiza utilizando un sistema de seis ejes en este plano de referencia (sistema hexaxial).

Conviene recordar que las derivaciones bipolares forman un triángulo, por ello hay que desplazar estos ejes para que se crucen en el cen-

tro del mismo. Se obtendrán así tres ejes en el plano frontal que se cruzan donde está teóricamente el corazón.

Después habrá que unir las derivaciones unipolares a este centro imaginario y se obtendrán otros tres ejes del plano frontal.

Uniendo ambos sistemas referenciales se sigue el llamado sistema hexaxial de Bailey sobre el que se situará el eje del QRS, que determina, en el plano frontal, la magnitud, la dirección y el sentido que toma la activación eléctrica del corazón.

### Cálculo del eje eléctrico

---

Existen varios métodos para calcular el eje cardiaco:

- ▶ Delimitando en qué hemicampos se encuentra: si la medida del QRS es algebraicamente positiva en DI y en aVF, es decir, si el vector se encuentra en el hemicampo positivo de DI y también en el hemicampo positivo de aVF, el vector va a estar entre los  $0^\circ$  y los  $90^\circ$ , o lo que es lo mismo, será normal.
- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva: la derivación que cuente con la mayor deflexión positiva algebraicamente calculada (positividad menos negatividad) será la más paralela respecto al vector o eje cardiaco. Por el mismo motivo, la deflexión más isoelectrica de todas las del plano frontal será la más perpendicular al eje cardiaco.
- ▶ Realizando la suma algebraica de los vectores de los QRS de DI y aVF. Se hace esta suma algebraica y la resultante coincide con el eje cardiaco o del QRS en el plano frontal.

Ya se ha comentado que las derivaciones electrocardiográficas delimitan hemicampos. Conociendo el sentido de la deflexión en cada derivación se sabe en qué hemicampo se encuentra el eje cardiaco y, dentro de un hemicampo, entre qué grados se halla. El eje estará en



el cuadrante delimitado por los dos hemicampos positivos de aVF y DI.

Respecto al segundo método expuesto, la derivación que capte la mayor deflexión positiva será la que más paralela se encuentre respecto al eje cardiaco.

El tercer método consiste en representar el QRS neto (se restan los valores negativos de los positivos) de las derivaciones DI y aVF y hacer la suma algebraica de ambos teniendo en cuenta sus valores positivos o negativos.

A continuación se muestran algunos ejemplos de cómo se puede calcular el eje cardiaco de las diferentes maneras que se han comentado.

**Ejemplo primero (Ver Imagen 4)**

50

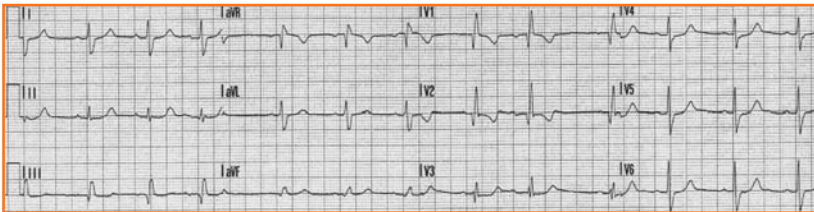


Imagen 4. Cálculo del eje cardiaco

Lo primero que hay que hacer será ampliar los QRS para poder medir su positividad y negatividad con mayor comodidad (Ver Imagen 5):

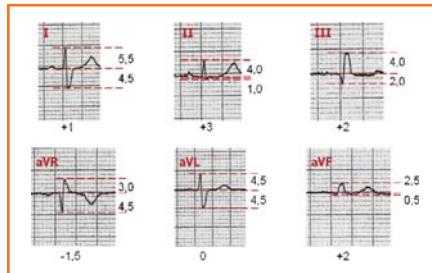


Imagen 5. Medición positividad-negatividad

Se han contado los cuadrantes que el QRS, en cada derivación, sube y baja respecto a la línea isoeléctrica y la diferencia se ha anotado debajo de cada uno de ellos.

## El eje eléctrico cardiaco

De los resultados obtenidos se pueden sacar conclusiones respecto al eje cardiaco:

- ▶ Delimitando en qué hemicampos se encuentra.
  - ▶▶ En DI es (+1) y en aVF es (+2). Positivo en ambas derivaciones.
  - ▶▶ El eje va a ser normal (entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ ).
- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva y la más isoeletrica.
  - ▶▶ La mayor deflexión positiva se encuentra en DII.
  - ▶▶ La deflexión en aVL es isoeletrica.
  - ▶▶ El vector será prácticamente paralelo a DII y perpendicular a aVL.
  - ▶▶ El eje estará más o menos en  $60^\circ$  (flecha roja) (Ver Imagen 6).

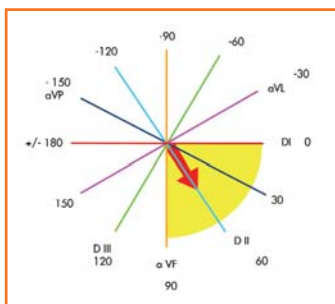


Imagen 6. Eje situado en  $60^\circ$

- ▶ Haciendo la suma algebraica de DI y aVF.
  - ▶▶ En DI (+1) y en aVF (+2) (Ver Imagen 7).

### Ejemplo segundo (Ver Imagen 8)

Se procede, al igual que en el ejemplo anterior, a ampliar el tamaño de los QRS para ver cuántos cuadrantes hay hacia arriba (positivos) y hacia abajo (negativos) en cada una de las derivaciones para poder luego sacar conclusiones (Ver Imagen 9).

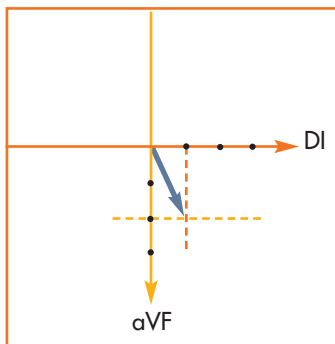


Imagen 7. Suma algebraica de DI y aVF



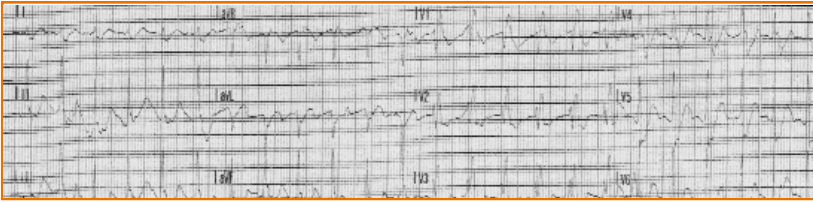


Imagen 8. Cálculo del eje cardiaco

De los resultados obtenidos se pueden sacar conclusiones respecto al eje cardiaco:

- ▶ Delimitando en qué hemicampos se encuentra.
  - ▶▶ En DI es (0) y en aVF es (+16). En DI el QRS no es positivo ni negativo neto. Estará en el limite de la normalidad.

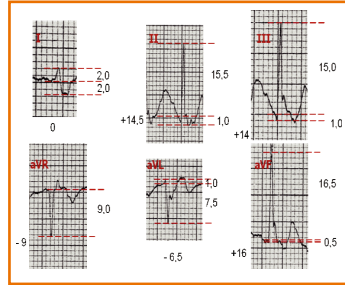


Imagen 9. Medición de positividad-negatividad

- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva y la más isoeletrica.
  - ▶▶ La mayor deflexión positiva se encuentra en aVF.
  - ▶▶ La deflexión en DI es isoeletrica.
  - ▶▶ El vector será prácticamente paralelo a aVF y perpendicular a DI.

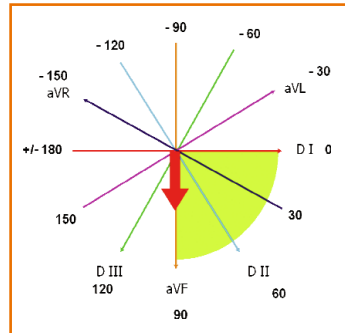


Imagen 10. Eje situado en 90°

Se lleva ahora toda esta información al eje hexaxial (Ver Imagen 10). El eje que se busca estará aproximadamente en +90°.

- ▶ Haciendo la suma algebraica de DI y aVF se obtendrá lo siguiente:
  - ▶▶ En DI (0) y en aVF (+16) (Ver Imagen 11).

### Ejemplo tercero (Ver Imagen 12)

Habrá que ampliar de nuevo el tamaño de los QRS y mirar cuántos cuadritos hay hacia arriba (positivos) y hacia abajo (negativos) en cada una de las derivaciones para poder luego sacar conclusiones con los resultados netos obtenidos (Ver Imagen 13).

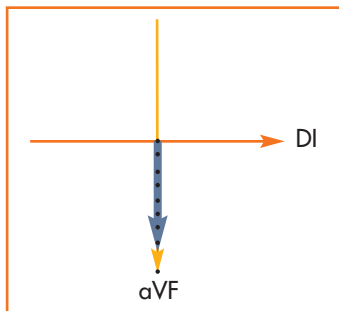


Imagen 11. Suma algebraica de DI y aVF

- ▶ Delimitando en qué hemicampos se encuentra.

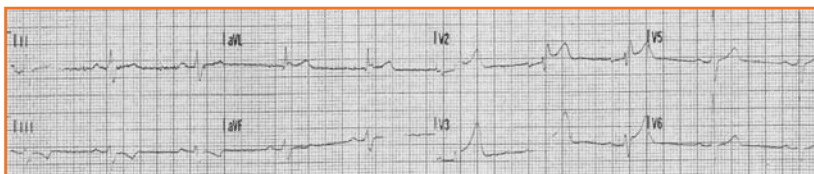


Imagen 12. Cálculo del eje cardiaco

- ▶▶ En DI es (+6) y en aVF es (-1).
- ▶▶ El eje está fuera de los límites normales por haber obtenido en aVF un resultado negativo neto.

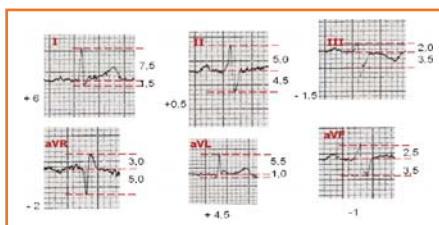


Imagen 13. Conclusiones de los resultados netos obtenidos

- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva y la más isoeletrica.
  - ▶▶ La mayor deflexión positiva se encuentra en DI (+4,5).
  - ▶▶ La deflexión en DII es casi isoeletrica (+ 0,5).
- ▶ El vector será casi paralelo a aVL y casi perpendicular a DII. El eje estará aproximadamente en  $-25^{\circ}/-30^{\circ}$  (Ver Imagen 14).
- ▶ Haciendo la suma algebraica de DI y aVF.



▶▶ En DI (+6) y en aVF (- 1)  
(Ver Imagen 15).

**Ejemplo cuarto** (Ver Imagen 16)

Se repetirán siempre los mismos pasos ya vistos anteriormente (Ver Imagen 17).

Estos datos indican lo siguiente:

- ▶ Delimitando en qué hemicampos se encuentra.
  - ▶▶ En DI es (+8,5) y en aVF es (+ 7,5).
  - ▶▶ El eje está dentro de los límites normales ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) ya que se obtiene un resultado neto positivo en ambas derivaciones.

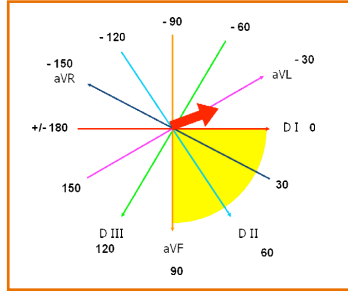


Imagen 14. Eje en  $-25^{\circ}$ / $-30^{\circ}$

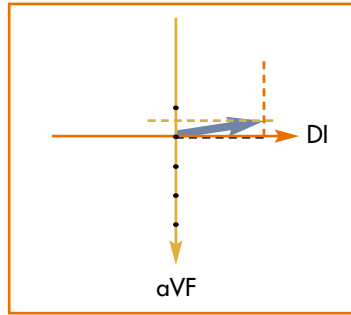


Imagen 15. Suma algebraica de DI y aVF

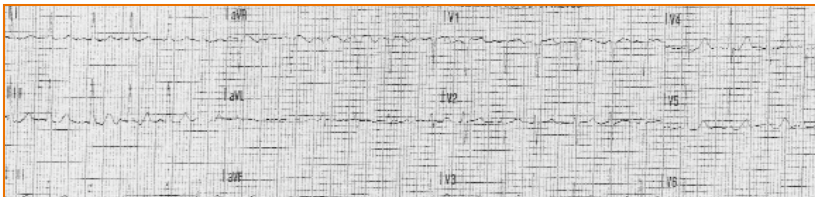


Imagen 16. Cálculo del eje cardiaco

- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva y la más isoeletrica.
  - ▶▶ La mayor deflexión positiva se encuentra en DII.

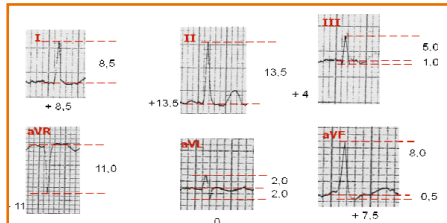


Imagen 17. Medición de positividad-negatividad

## El eje eléctrico cardiaco

- ▶▶ La deflexión en aVL es isoelectrica (0).
- ▶▶ El vector será casi paralelo a DII y casi perpendicular a aVL. El eje que se busca estará aproximadamente en  $55^{\circ}/60^{\circ}$  (Ver Imagen 18).
- ▶▶ En DIII la positividad es menor que en DI: el eje será algo menos de  $60^{\circ}$ .

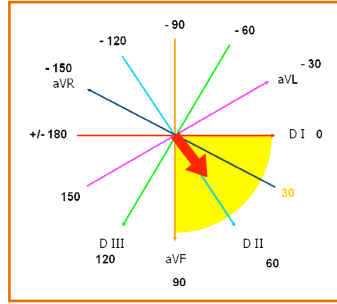


Imagen 18. Eje en  $55^{\circ}/60^{\circ}$

- ▶ Haciendo la suma algebraica de DI y aVF se obtendrá lo siguiente:
  - ▶▶ En DI (+8,5) y en aVF (+7,5) (Ver Imagen 19).

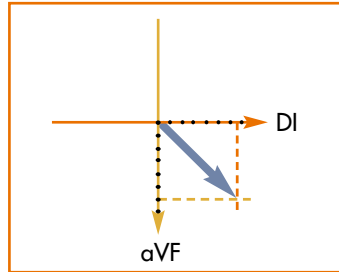


Imagen 19. Suma algebraica de DI y aVF

**Ejemplo quinto** (Ver Imágenes 20 y 21)

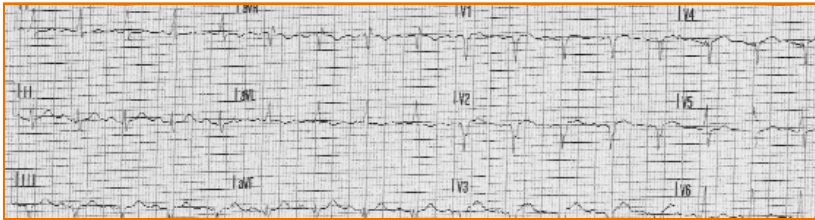


Imagen 20. Cálculo del eje cardiaco

- ▶ Delimitando en qué hemisferios se encuentra.
  - ▶▶ En DI es (+5) y en aVF es (-4,5).
  - ▶▶ El eje está fuera de los límites normales ( $0^{\circ}-90^{\circ}$ ).

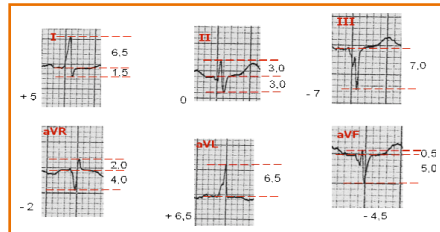


Imagen 21. Medición de positividad-negatividad



- ▶ Teniendo en cuenta qué derivación presenta la mayor deflexión positiva y la más isoelectrica.
  - ▶▶ La mayor deflexión positiva se encuentra en aVL.
  - ▶▶ La deflexión en DII es isoelectrica (0).
  - ▶▶ El vector será casi paralelo a aVL y casi perpendicular a DII. El eje que se busca estará aproximadamente en  $-35^\circ$ .
  - ▶▶ En aVF la negatividad es mayor que en aVR: el eje será algo menos de  $-30^\circ$  (Ver Imagen 22).

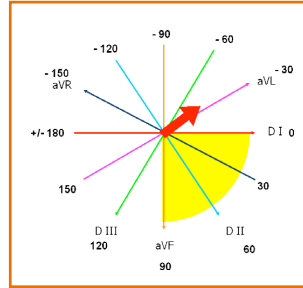


Imagen 22. Eje con algo menos de  $-30^\circ$

- ▶ Haciendo la suma algebraica de DI y aVF.
  - ▶▶ En DI (+5) y en aVF (-4,5) (Ver Imagen 23).

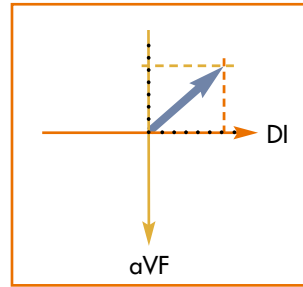


Imagen 23. Suma algebraica de DI y aVF

### Desviaciones del eje eléctrico

Ya se ha mencionado que el eje cardiaco normal está entre  $0^\circ$  y  $+90^\circ$ . Cuando se encuentra fuera de estos valores existe una desviación del eje cardiaco respecto al plano frontal, lo cual es característico de diversas patologías.

Respecto al plano horizontal el corazón también puede rotar; serán las derivaciones precordiales las que informen de ello (Ver Imagen 24).

Las modificaciones del eje normal se producen por presentar un corazón, por el motivo que sea, una zona ventricular dominante no habitual (Ver Imagen 25).

## El eje eléctrico cardiaco

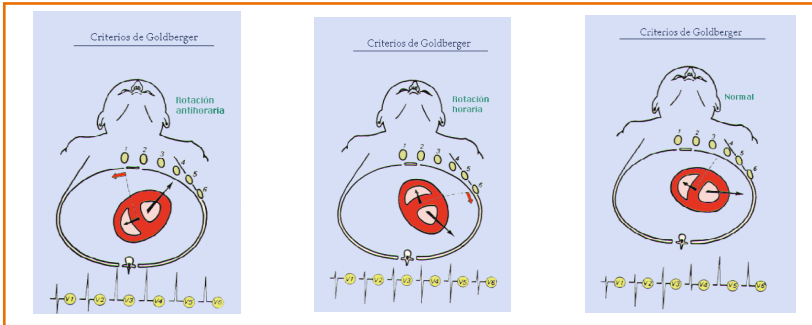


Imagen 24. Desviaciones del eje cardiaco en el plano horizontal

## Actividades enfermeras

El eje eléctrico cardiaco normal debe estar comprendido entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ . La obtención en un electrocardiograma de un eje anormal obliga a confirmar este punto y a descartar una colocación errónea de los electrodos.

De confirmarse un eje anormal, deberá registrarse este dato y comentárselo al médico responsable del paciente.

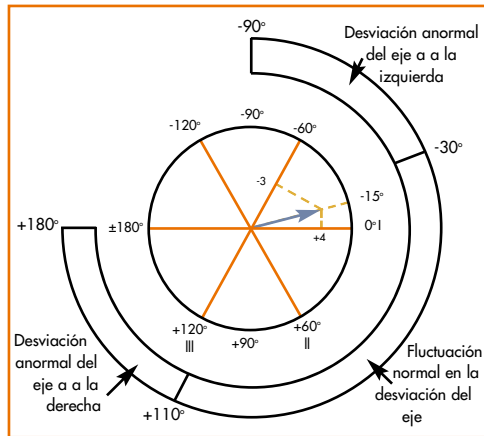


Imagen 25. El vector cardiaco

