

GUIAS DE LABORATORIO

ELECTROCARDIOGRAMA

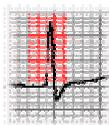
I. INTRODUCCION

El electrocardiograma (ECG) es el **registro gráfico**, en función del **tiempo**, de las variaciones de **potencial eléctrico** generadas por el conjunto de células cardiacas y recogidas en la superficie corporal.

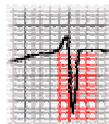
Las variaciones de potencial eléctrico durante el ciclo cardiaco producen las ondas características del ECG.

La formación del impulso y su conducción generan corrientes eléctricas débiles que se diseminan por todo el cuerpo. Al colocar electrodos en diferentes sitios y conectarlos a un instrumento de registro como el electrocardiógrafo se obtiene el trazado característico que analizaremos en la práctica.

Las conexiones de entrada al aparato deben ser realizadas de tal forma que una deflexión hacia arriba indique un potencial positivo y una hacia abajo uno negativo.



**Potencial
Positivo (+)**



**Potencial
Negativo (-)**

Para permitir comparación entre los registros obtenidos se han adoptado normas internacionales con respecto a la velocidad del papel (**25 mm/seg**), la amplitud de calibración (**1 mV = 1 cm**) y los sitios de la colocación de los electrodos cutáneos (ver [Derivaciones](#)).

Hay que tener siempre en cuenta que las derivaciones no registran sólo el potencial eléctrico de la pequeña área del miocardio subyacente sino que registra los eventos eléctricos del ciclo cardiaco desde un sitio seleccionado.

El ECG es un examen que aislado **no es diagnóstico** de enfermedad cardíaca ni tampoco la puede excluir del todo. El ECG debe ser siempre interpretado en **conjunto** con los hallazgos clínicos y de otros exámenes paraclínicos. Usted aprenderá que ésta afirmación es cierta para la gran mayoría de los exámenes paraclínicos.

TABLA DE CONTENIDO

- [Introducción](#)
- [Derivaciones](#)
- [Bases fisiológicas](#)
- [Definiciones](#)
- [Ritmo, eje, frecuencia](#)
- [Objetivos](#)
- [Procedimiento](#)
- [Preguntas del seminario](#)

OTROS FORMATOS

- [.PDF](#) (Acrobat Reader)
- [.TXT](#) (Archivo de Texto)
- [.PDB](#) (iSilo - Palm OS)

A. DERIVACIONES

Las disposiciones específicas de los electrodos, se conocen como derivaciones y en la práctica clínica se utilizan un número de doce estándar, clasificadas de la siguiente forma:

DERIVACIONES DEL PLANO FRONTAL

1- Derivaciones Bipolares Estándar

Estas derivaciones (DI, DII, DIII) son las que originalmente eligió Einthoven para registrar los potenciales eléctricos en el plano frontal.

Los electrodos son aplicados en los brazos derecho e izquierdo y en la pierna izquierda. Se coloca un electrodo en la pierna derecha que sirve como polo a tierra.

Las derivaciones **bipolares**, registran las diferencias de potencial eléctrico entre los dos electrodos seleccionados:

DI: Brazo izquierdo (+)
Brazo derecho (-)

DII: Pierna izquierda (+)
Brazo derecho (-)

DIII: Pierna izquierda (+)
Brazo izquierdo (-)

El potencial eléctrico registrado en una extremidad (a más de doce centímetros del corazón), es el mismo sin importar el sitio en donde se coloque el electrodo sobre ella. Generalmente se colocan los electrodos en las muñecas o en los tobillos, pero si una extremidad ha sido amputada se puede colocar en su porción más distal (**Ley del infinito eléctrico**).

2 - Derivaciones Amplificadas del Plano Frontal.

Existen otras tres derivaciones del plano frontal, que en los inicios de la electrografía eran monopolares (VR, VL y VF), pero que fueron modificadas para amplificarlas en el registro, convirtiéndose en bipolares amplificadas (aVR, aVL y aVF).

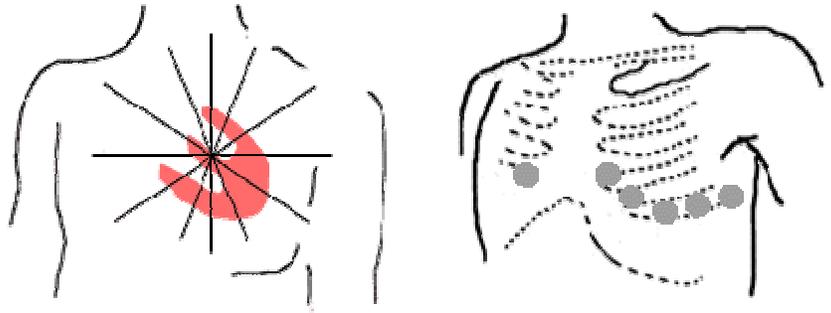
En estas derivaciones no se coloca el positivo en un miembro y el negativo en otro como en el caso anterior, sino que se coloca el electrodo positivo en uno de los miembros y se compara contra la sumatoria de los otros miembros conectados al polo negativo.

Para registrar estas derivaciones, los electrodos se colocan de la siguiente forma:

aVR: Brazo derecho (+)
y
Brazo izquierdo + Pierna
Izquierda (-)

aVL: Brazo izquierdo
(+) y
Brazo derecho + Pierna
Izquierda (-)

aVF: Pierna izquierda
(+) y
Brazo derecho + Brazo
izquierdo (-)



La letra «a» indica que la amplitud ha sido aumentada $\pm 50\%$ para facilitar su lectura.

Esta clasificación puede prestarse para confusiones, pues las tres últimas derivaciones (aVR, aVL y aVF) se siguen denominando monopoles de los miembros, para diferenciarlas de las bipolares estándar (I, II, III) siendo **realmente bipolares**.

DERIVACIONES DEL PLANO HORIZONTAL

Son derivaciones verdaderamente **mono o unipolares**, pues comparan la actividad del punto en que se coloca el electrodo a nivel precordial (Electrodo explorador) contra la suma de los tres miembros activos o Central Terminal (PI + BI + BD, que da como resultado 0).

La localización precordial de los electrodos es la siguiente:

V1: 4º espacio intercostal con línea paraesternal derecha.

V2: 4º espacio intercostal con línea paraesternal izquierda.

V3: Equidistante entre V2 y V4.

V4: 5º espacio intercostal con línea medioclavicular izquierda.

V5: 5º espacio intercostal con línea axilar anterior izquierda.

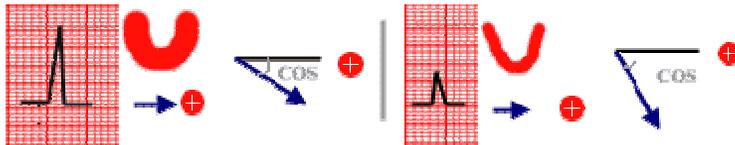
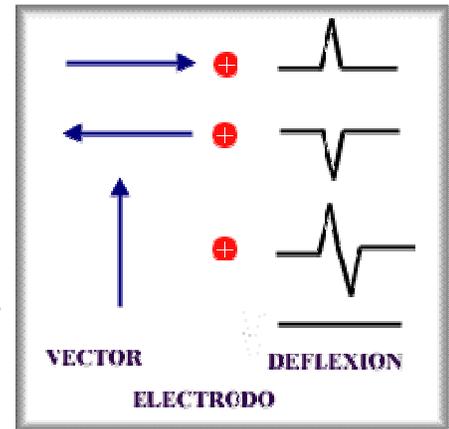
V6: 5º espacio intercostal con línea axilar media izquierda.

B. BASES FISIOLÓGICAS DE LA GENERACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA

La propagación de las descargas originadas en el nodo sinoauricular, a través del músculo cardíaco produce su despolarización.

La dirección en la cual se propaga y la posición del electrodo con respecto al vector de depolarización determina el sentido de la deflexión que se registra en el ECG (positiva si se acerca al electrodo y negativa si se aleja de éste).

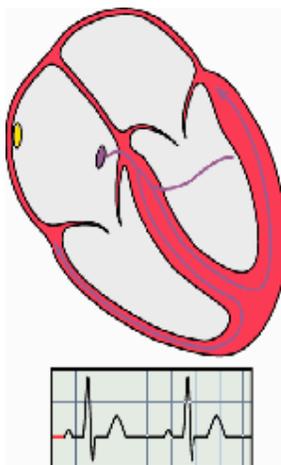
La **amplitud** de la deflexión va a ser determinada por la cantidad de masa despolarizada, la distancia a la que se encuentra del electrodo y por el ángulo que forma el vector con el electrodo (más exactamente por el coseno de ese ángulo).



Secuencia de los Eventos Eléctricos Durante el Ciclo Cardíaco

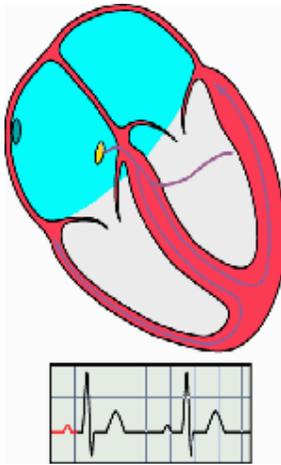
1- Despolarización Auricular

El impulso se origina en el nodo sinoauricular (NSA) y se propaga concéntricamente despolarizando las aurículas y produciendo la Onda P del electrocardiograma. Inicialmente se despolariza la aurícula derecha y posteriormente la aurícula izquierda.



2- Despolarización Ventricular

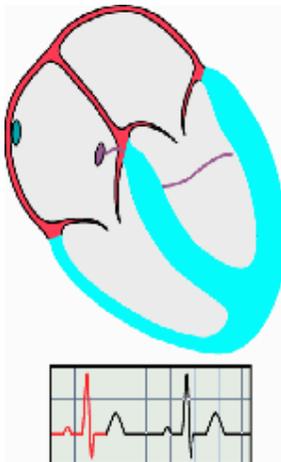
La despolarización inicial ocurre en la porción medial del septum interventricular, en dirección de izquierda a derecha, luego se despolariza la región anteroseptal y posteriormente ocurre la despolarización principal que es la de los ventrículos (del endocardio al epicardio), con un vector resultante dirigido hacia la izquierda ya que la masa del ventrículo izquierdo es mayor que el derecho.



Finalmente se despolarizan las bases ventriculares. La despolarización ventricular determina el complejo QRS del ECG.

3- Repolarización Ventricular

La deflexión generada por la repolarización ventricular sigue la misma dirección, que la deflexión inducida por la despolarización ventricular, es decir, tiene el mismo sentido que el complejo QRS.



Esta situación es debida a que en la repolarización ocurre el fenómeno eléctrico contrario al de la despolarización y orientada en sentido inverso (del epicardio al endocardio). Este fenómeno se visualiza en el ECG como una onda lenta llamada onda T.

C. DEFINICIONES DE LAS CONFIGURACIONES DEL ELECTROCARDIOGRAMA

Ondas

Para denominar las ondas se utilizan las letras mayúsculas (ondas con amplitud mayor de 5 mm) y minúsculas (onda de amplitud menor a 5mm), teniendo en cuenta una señal estandarizada de $1 \text{ mV} = 1 \text{ cm}$.

Onda P: Deflexión lenta producida por la despolarización auricular.

Onda Q: La deflexión negativa inicial resultante de la despolarización ventricular, que precede una onda R.

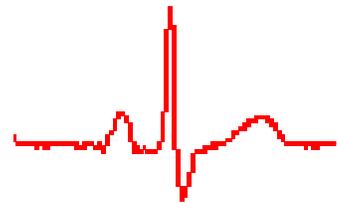
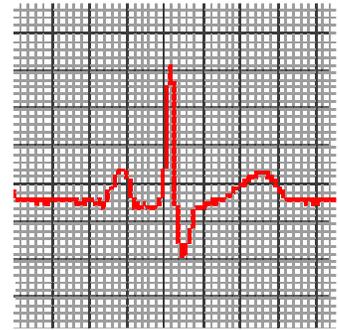
Onda R: La primera deflexión positiva durante la despolarización ventricular.

Onda S: La segunda deflexión negativa durante la despolarización ventricular.

El colocar una apóstrofe (') indica que es la segunda deflexión en ese sentido.

Onda T: Deflexión lenta producida por la repolarización ventricular.

Onda U: Deflexión (generalmente positiva) que sigue a la onda T y precede la onda P siguiente, y representa la repolarización de los músculos papilares.



Intervalos

R-R: Distancia entre dos ondas R sucesivas.

P-P: Distancia entre dos ondas P sucesivas; si el ritmo es regular debe, medir lo mismo que el intervalo R-R.

P-R: Distancia entre el inicio de la onda P y el inicio del QRS. Mide la despolarización auricular y el retraso A-V. Valor normal : $120 - 200 \text{ mseg}$.

QRS: Es el tiempo total de la despolarización ventricular, desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda S. Valor normal : $80 - 100 \text{ mseg}$.

QT: Distancia desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda T. Mide la actividad eléctrica ventricular. El QT varía con la frecuencia cardíaca y por eso debe ser corregido. Valor normal : $350 - 440 \text{ mseg}$.

Punto J: Punto en el cual la onda S finaliza y empieza el segmento ST.

Segmentos

PR: Distancia entre el final de la onda P e inicio del QRS.

ST: Distancia desde el punto J hasta el inicio de la onda T.

D. ANALISIS: RITMO, EJE Y FRECUENCIA

Cuando analizamos un trazado electrocardiográfico lo primero que debemos hacer es verificar la velocidad del papel y la calibración del mismo; luego se procede a analizar el trazado de forma sistemática y ordenada determinando el ritmo, el eje y la frecuencia, y finalmente la morfología del trazado.

Ritmo

Nos indica que estructura comanda la actividad eléctrica del corazón. El ritmo normal es **sinusal**, es decir que el NSA está actuando como marcapaso. Las características del ritmo sinusal son:

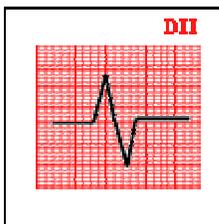
- Siempre debe haber una **onda P** antes de cada QRS.
- La onda P debe ser **positiva** en DII y **negativa** en aVR.
- La Frecuencia Cardíaca deb estar entre: 60 - 100 lat/min.
- Los Intervalos PR y RR deben ser regulares (variación menor del 15%).

Eje Vertical

El corazón tiene un eje eléctrico que representa la dirección en la cual se propaga principalmente la **despolarización ventricular**. Su representación es una flecha con la punta indicando el **polo positivo**.

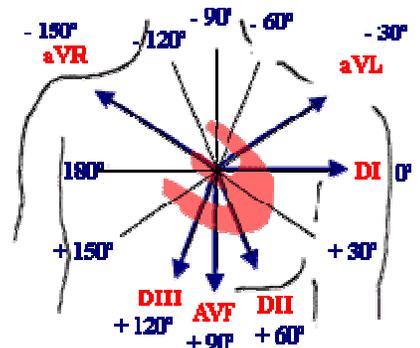
Se toma como dirección de ese vector la dirección del vector predominante de la **despolarización ventricular**, para lo cual se observa la dirección principal del **QRS**. Hay varios métodos para calcular el eje, pero el más sencillo es el sistema de referencia de las 6 derivaciones frontales.

¿ Como se calcula utilizando ese método ?



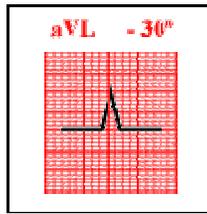
1. En el trazo electrocardiográfico se debe buscar una derivación del **plano frontal**, en la que el QRS tenga una morfología **isoeletrica o isobifásica**.

Es necesario recordar muy bien el diagrama de los vectores y los ángulos de las derivaciones del plano frontal. (ver página de Derivaciones).



2. Una vez localizada esta derivación con QRS isobifásico, se procede a buscar en el plano horizontal que derivación se encuentra perpendicular o casi perpendicular a esta:

DI
DII
DIII
aVR
aVL
aVF



3. Una vez localizada la derivación perpendicular a la del QRS isobifásico, regrese nuevamente al trazado electrocardiográfico y observe si el QRS es **positivo** o **negativo** en ella.

Si es positivo, indica que el vector se está acercando al electrodo explorador, por lo tanto el eje estará ubicado en el ángulo de esa derivación. Si es negativo, el vector se estará alejando del electrodo explorador, lo que ubica al eje en el ángulo opuesto de la derivación observada.

Ejemplo:

1. Analizando el trazado electrocardiográfico, encontramos que el **QRS isobifásico**, se encuentra en **DII**

2. En el plano horizontal evidenciamos que la derivación perpendicular a DII (ubicada en 60°) es aVL (ubicada en -30°).

3. En aVL el qrs es positivo lo que nos indica que el eje se encuentra a **-30°** . Si aVL fuera negativo, el eje estaría a **$+150^\circ$**

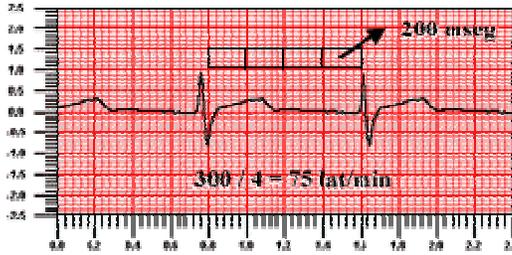
Este método es sencillo, pero requiere de un entrenamiento adecuado para adoptarlo, acuda al texto guía, monitores e instructores del Departamento para aclarar sus dudas.

Si no existe ningún QRS isobifásico NO deben hacerse aproximaciones, se utilizarán otros métodos para no realizar falsas conclusiones.

Frecuencia Cardíaca

También existen varios métodos para obtener la frecuencia cardíaca en un ECG. Si el paciente tiene un ritmo cardíaco regular se pueden utilizar dos métodos muy sencillos.

1. Localice un QRS que se encuentra sobre una línea de división mayor del papel, localice ahora el siguiente QRS y cuente cuantos cuadros de 200 msec los separa.

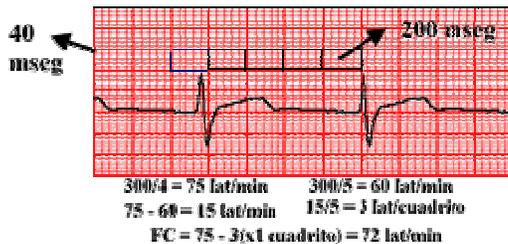


2. Ahora divide 300 por el número de cuadros, obteniendo así los latidos por minuto. Aproxime el número de cuadros si no es exacto.

¿ De donde sale el "300" ?

- Es necesario recordar la velocidad que normalmente es **25 mm/seg**
- Si recorre 25 mm en un segundo, entonces recorrerá 1500 mm en un minuto (en 60 segundos, desarrollando una simple regla de tres)
- Pero como no estamos contando los cuadros pequeños que miden 1 mm, sino los grandes que miden 5, entonces dividimos $1500/5 = 300$

3. Cuando el segundo QRS no coincide exactamente con una línea de división mayor, halle la diferencia entre las frecuencias que corresponderían a las líneas divisorias mayores que enmarcan el segundo complejo y divida éste resultado por 5 (un cuadro de 200 mseg contiene 5 cuadros de 40 mseg) obteniendo así el número de latidos a los que equivale cada cuadro de 40 mseg.



Examine el registro y calcule cuántos cuadros de 40 mseg separan al complejo de la línea divisoria mayor que le sigue inmediatamente. Reste el número de latidos al valor de ésta frecuencia.

Otro método es medir el intervalo **RR** cuando el ritmo es regular, y dividir 60 segundos, por el intervalo RR en segundos.

Ejemplo:

Intervalo RR : 0.60 segundos.

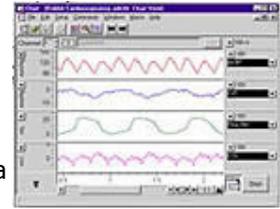
60 segundos / 0.60 segundos. = **100 Lat/min.**

Otro método que se puede utilizar y es muy útil cuando tenemos un ritmo irregular es tomar un trazado largo de una derivación, contar 15 cuadritos de 0.20 seg. (3 seg), luego contar cuántos complejos QRS se encuentran en esos 3 seg., y posteriormente multiplicarlos por 20 obteniendo así los latidos por minuto

II. PROCEDIMIENTO

Electrocardiografía con el Polígrafo Digital (Power Lab)

El Power Lab es un polígrafo digital compuesto por elementos de Hardware como transductores, preamplificadores, bioamplificadores, un convertor de digital a análogo y un Macintosh G3; y software como la aplicación "Chart". Este sistema permite registrar datos biofísicos que al ser convertidos en señales digitales, pueden ser visualizados en la pantalla del computador o ser almacenados para su posterior análisis.



Este equipo permite registrar la señal de 8 canales distintos al mismo tiempo o calcular los datos de un canal de acuerdo a los datos que se registran en otro distinto.

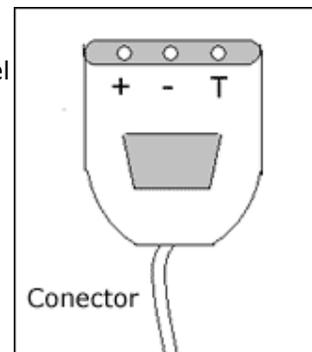
Para este laboratorio se utilizará un transductor conectado a un bioamplificador, que tiene un polo positivo (+), un polo negativo (-) y la tierra (G). Las señales bioeléctricas serán registradas por el bioamplificador.

PREGUNTA

¿Dado que sólo tiene a su disposición dos polos (+ o -), que derivaciones se pueden registrar en este laboratorio?

Registro y análisis del trazado

1. Entre sus compañeros de grupo escoja un voluntario quien se acostará en la camilla que encuentra al lado del Power Lab.
2. Escoja ahora a otro voluntario quien se encargará de conectar los electrodos y registrar el trazado, asistido por un monitor.
3. Este segundo voluntario deberá conectar los electrodos para registrar las siguientes derivaciones del plano frontal:



- DI
- DII
- **DIII**

4. Registre cada una de las derivaciones, observe la morfología del trazado en cada una de ellas y correlacione con los vectores cardíacos.

5. Analice cuidadosamente la derivación **DII**. Ahora invierta los electrodos de la derivación DII y registre nuevamente. ¿A que derivación se parece DII invertido?. Con base en estas dos derivaciones identifique el ritmo y la frecuencia. Anótelos en una hoja en blanco.

6. Con base en los trazados que tiene trate de deducir el eje. ¿Que derivaciones adicionales necesitaría para calcularlo? ¿Como podría registrarlas?

7. Registre nuevamente la derivación **DII** y solicite al voluntario que inspire y espire profundamente. Observe si se presenta en el fenómeno de **arritmia sinusal** (o **arritmia respiratoria**)

8. Desconecte al voluntario y pídale que vaya **corriendo** hasta la facultad de odontología y vuelva lo mas rápido posible que pueda. Apenas regrese conectelo nuevamente y registre un nuevo DII. Observe los hallazgos.

9. Desconecte los electrodos de los brazos y **coloque los electrodos positivo y negativo cerca de la región precordial**. Observe las diferencias en el trazado en comparación con las derivaciones que ha registrado previamente.

10. Trate de ubicar el eje con los electrodos positivo y negativo en la región precordial.

III. PREGUNTAS PARA RESOLVER DURANTE EL SEMINARIO

1. Nombre tres artefactos que puedan afectar un trazado electrocardiográfico y explique como se identifican.
2. Explique en que consiste la ley del infinito eléctrico y por qué ocurre.
3. Qué es la **arritmia respiratoria** o **sinusal**?
4. Cómo se modifica el trazado electrocardiográfico al cambiar la posición del paciente?
5. Explique los cambios ocurridos en el ECG durante un infarto del miocardio.
6. Qué derivaciones utilizaría para ver cambios isquémicos en:

Pared lateral
Pared inferior
Pared anterior
Pared posterior
Pared anteroseptal

7. Observe si hay variación en la duración del intervalo QT en los electrocardiogramas realizados. Explique sus hallazgos
8. Que es la progresión de la onda R.