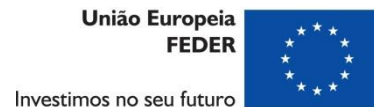


# REFUERZO DE LAS CAPACIDADES Y COMPETENCIAS RELATIVAS A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ISLAS



## ISLHáGUA



Investimos no seu futuro

PROGRAMA  
MAC 2007 - 2013  
Cooperación Transnacional

Jefe de Fila:

Socios Canarias:

Socios Cabo Verde:



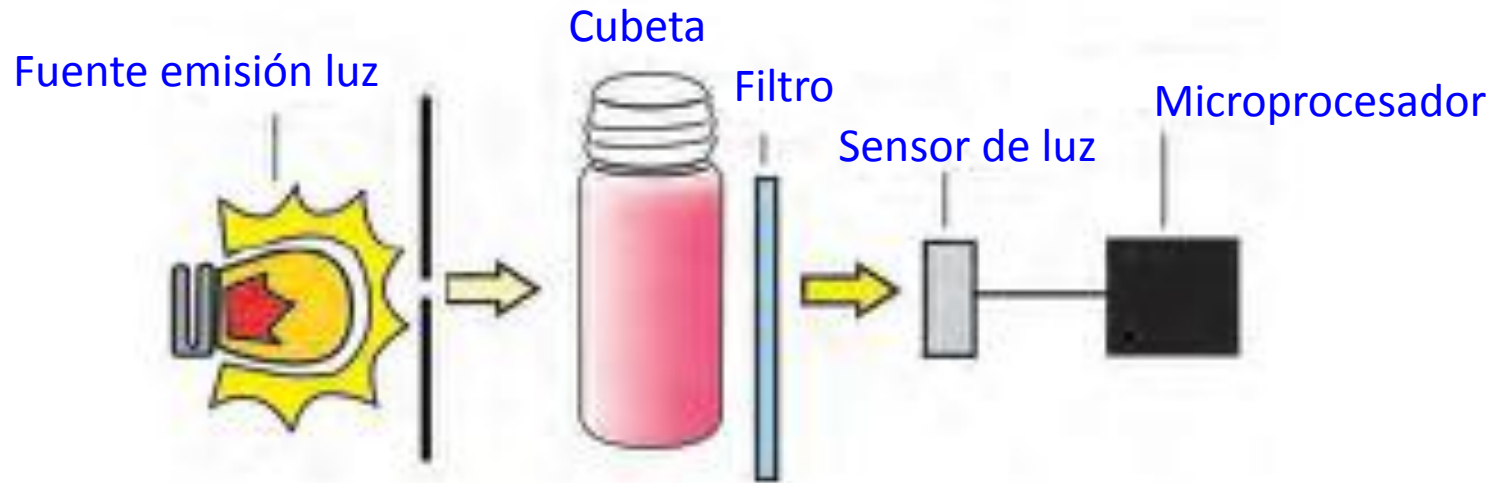
# Instrumentos para la vigilancia y control de la calidad del agua en:

**Legionella RD 865**  
**Aguas de consumo RD 140**  
**R.S. de Piscinas de uso colectivo**

1. TÉCNICAS INSTRUMENTALES
2. PARÁMETROS GENERALES DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO
3. ANALIZADORES AUTOMÁTICOS

- ✓ FOTOMETRÍA
- ✓ POTENCIOMETRÍA
- ✓ TURBIDIMETRÍA





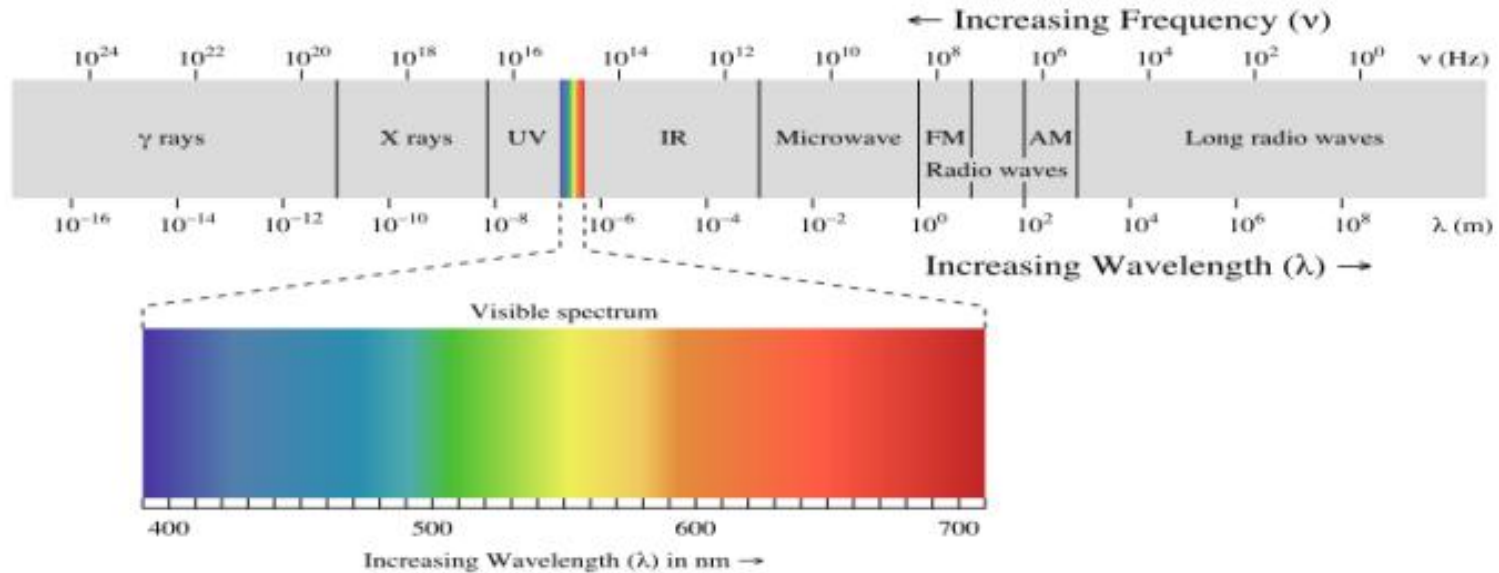
# Requerimientos importantes de los fotómetros

- Posibilidad de verificar y ajustar
- Métodos estandarizados
- Rangos de medida adecuados
- Formación del analista

## EL Mayor error:

**Asumir que es un  
procedimiento muy  
sencillo sin mayor  
importancia**



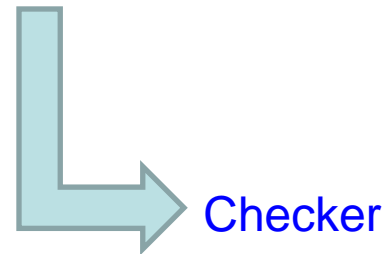


Color	Longitud de onda
violeta	~ 380–450 nm
azul	~ 450–495 nm
verde	~ 495–570 nm
amarillo	~ 570–590 nm
naranja	~ 590–620 nm
rojo	~ 620–750 nm

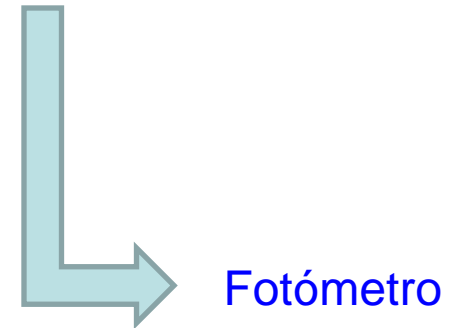
# Colorimetria - Fotometria



Test Kit



Checker



Fotómetro







## Algunos Parámetros disponibles

- Cloro libre y total
- Cloro rango ultra alto
- Bromo
- Alcalinidad
- Amonio
- Calcio
- Color agua
- Cromo IV
- Fluoruros
- Fosfatos
- Fósforo
- Hierro
- Níquel
- Nitritos
- Sílice
- Yodo



# Diferencias entre el fotómetro y el checker



## 1. Fuente de luz

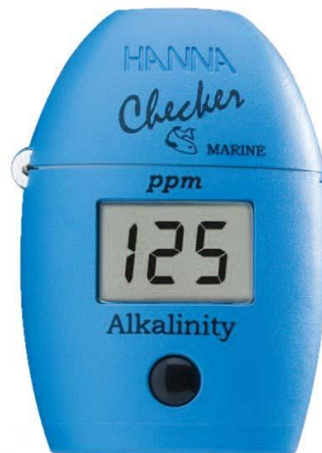
- ✓ Fotómetro: Lámpara tungsteno
- ✓ Checker: Diodo Led

## 2. Ajuste / Calibración

- ✓ Fotómetro: SI
- ✓ Checker: No

## 3. Diámetro Cubeta

- ✓ Fotómetro: 24 mm
  - ✓ Rango cloro L: 0,00 a 5,00 mg/l
- ✓ Checker: 13 mm
  - ✓ Rango cloro L: 0,00 a 2,50 mg/l



## 4. Estanqueidad celda medida

- ✓ Fotómetro: SI
- ✓ Checker: No

**Parámetros:** Hanna comercializa fotómetro de hasta 40 parámetros químicos

**Principio de funcionamiento:** Muchas sustancias, combinándose con reactivos adecuados, dan lugar a la formación de un color determinado, cuya intensidad o absorbancia es proporcional a la concentración de la sustancia a medir.

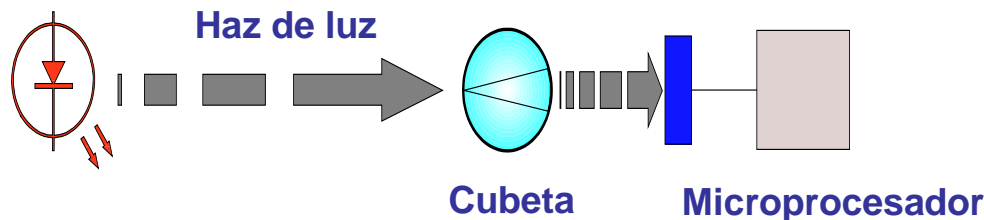


Lámpara  
Tungsteno-Wolframio

Sensor  
de Luz

Ley de Lambert - Beer:

$$A = \log I_0 / I$$

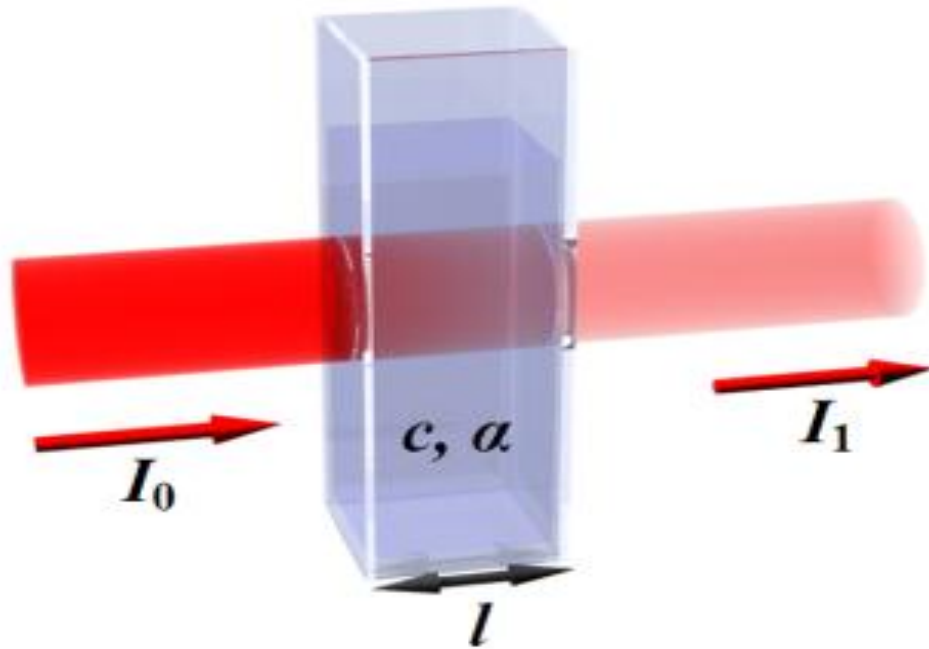


# Fotometria. Ley de Lambert - Beer

**Ley de Lambert:** Cuando un rayo de luz monocromática pasa a través de un medio absorbente, su intensidad disminuye exponencialmente a medida que la longitud del medio absorbente aumenta

**Ley de Beer:** Cuando un rayo de luz monocromática pasa a través de un medio absorbente, su intensidad disminuye exponencialmente a medida que aumenta la concentración de la sustancia absorbente en el medio.

**Ley de Lambert-Beer:** La absorbancia de radiación electromagnética producida por una especie absorbente es directamente proporcional a la trayectoria de la radiación a través de la solución y a la concentración de la disolución muestra que produce la absorción.



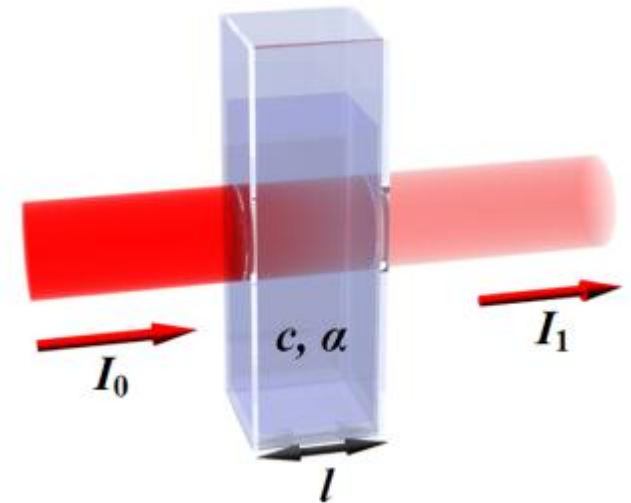
## Transmitancia(T):

Es la fracción de radiación incidente transmitida por la solución, expresada en tanto por uno.

$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha lc}$$

## Absorbancia (A):

Es la fracción de radiación incidente absorbida por la solución, expresada como.

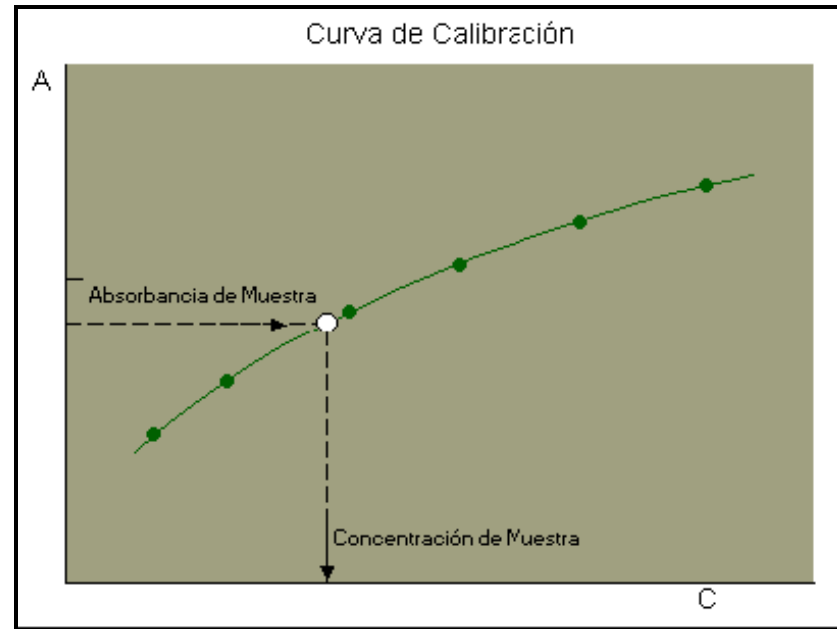
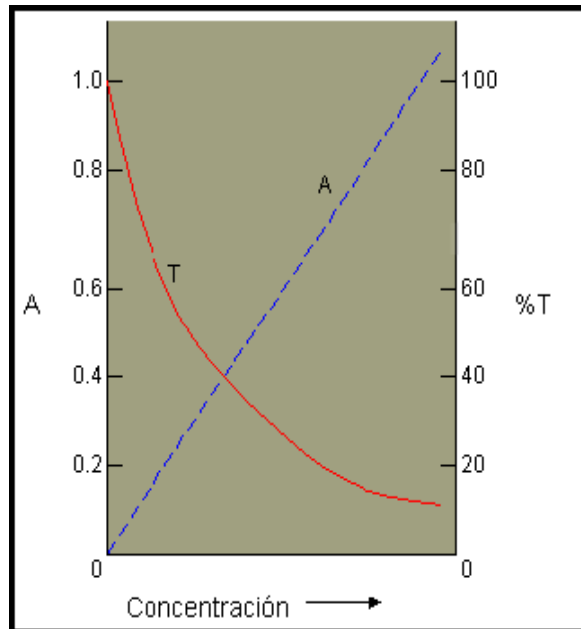


## Dónde:

$$A = \alpha lc \quad A = -\log \frac{I_1}{I_0} \quad \alpha = \frac{4\pi k}{\lambda}$$

- $I_0$  es la intensidad de la luz incidente
- $I_1$  es la intensidad de la luz una vez ha atravesado el medio
- $l$  es la distancia que la luz atraviesa por el cuerpo
- $c$  es la concentración de sustancia absorbente en el medio
- $\alpha$  es el coeficiente de absorción o la absorbancia molar de la sustancia
- $\lambda$  es la longitud de onda del haz de luz
- $A$  es la absorbancia (o absorbencia)
- $k$  es el coeficiente de extinción

# FOTOMETRÍA. Curvas características y calibración.



## Curvas características:

Curvas características de:

Absorbancia (A)

Transmitancia (T)

## Curva de calibración

Para verificar el cumplimiento de la ley de Lambert-Beer, se debe realizar la curva de calibración; absorbancia (A) en función de concentración (c), para lo cual se preparan soluciones de la sustancia de concentraciones conocidas y se mide la absorbancia a la longitud de onda elegida.

# Patrones de calibración trazables a NIST



- Ajuste del EQUIPO: se ajusta el sistema óptico del equipo
- Puede realizarse un ajuste de la recta de calibrado
- Aplicable a fotómetro HANNA de la serie HI96/95





# Errores frecuentes en las medidas con fotómetros

## Reactivos en mal estado

Es una causa importante de errores en los análisis con fotómetros. Se debe proteger, en especial, a exposiciones a temperaturas elevadas.

## Utilización de la misma cubeta para medidas de cloro libre y total

Si se quedan trazas de yoduro potásico en la cubeta es posible que interfiera de la monoclaramina en la medida de cloro libre. Se recomienda utilizar cubetas de muestras dedicadas por separado para las determinaciones de cloro libre y total

## Muestras con color

Las muestras con mucho color o sólidos en suspensión elevados pueden causar interferencia. Se puede remover con carbón activo, previa filtración

## Llenado de la cubeta

Para un llenado correcto de la celda: el líquido en la celda forma una figura cóncava, la parte baja de lo cóncavo debe estar al mismo nivel que la marca de 10 ml.



# Errores frecuentes en las medidas con fotómetros

## Humedad y suciedad de la cubeta

Cada vez que se inserte la cubeta en el portacubetas debe estar seco por fuera, completamente libre de huellas digitales, grasa o suciedad. Se debe frotar con un paño antiestática antes de introducirla en la celda.

## Burbujas

Agitar la celda puede producir burbujas en la muestra ocasionando lecturas más altas. Se debe evitar estas burbujas girando las celdas o golpeándola ligeramente.

## Limpieza de la cubeta

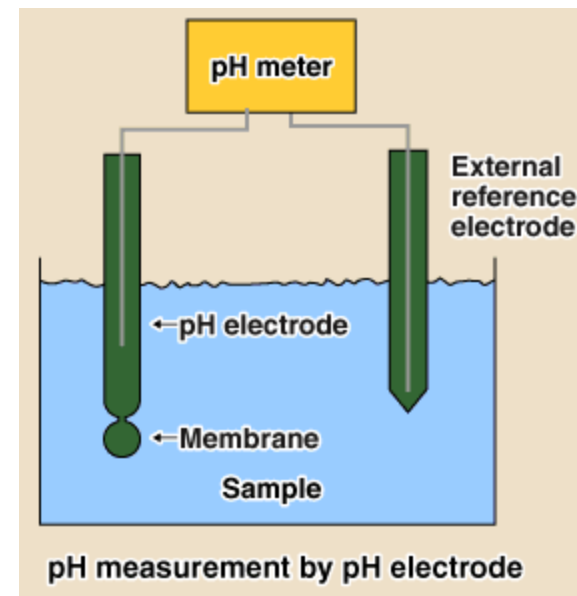
Un vez terminada la determinación deseche la muestra inmediatamente, de otro modo, el vidrio de la celda puede teñirse

## Cero de la medida

Es posible hacer varias lecturas seguidas pero es recomendable tomar una lectura de cero entre lectura y lectura.

**Parámetros:** pH, ORP, otros iones selectivos (ISE)

**Principio del método:** Se basa en la transformación de una señal eléctrica obtenida con un electrodo indicador y uno de referencia. Dicha señal es proporcional a la actividad de los iones selectivos, de acuerdo con la ley de Nerst.



El comportamiento del electrodo sigue la ecuación de Nernst

$$E = E_0 + ( 2.3 RT / nF ) \log aH^+$$

Donde:

E : Potencial medido del electrodo.

$E_0$ : Está relacionado al electrodo de referencia. Cuando el electrodo muestra 0 actividad

2.3 RT / nF : Factor de Nernst

n : Valencia del ion a medir.

R: Constante de los gases. (8,3145 J/K.mol) —————> Constante

F : Constante de Faraday (96485 culombios.mol<sup>-1</sup>) ———> Constante

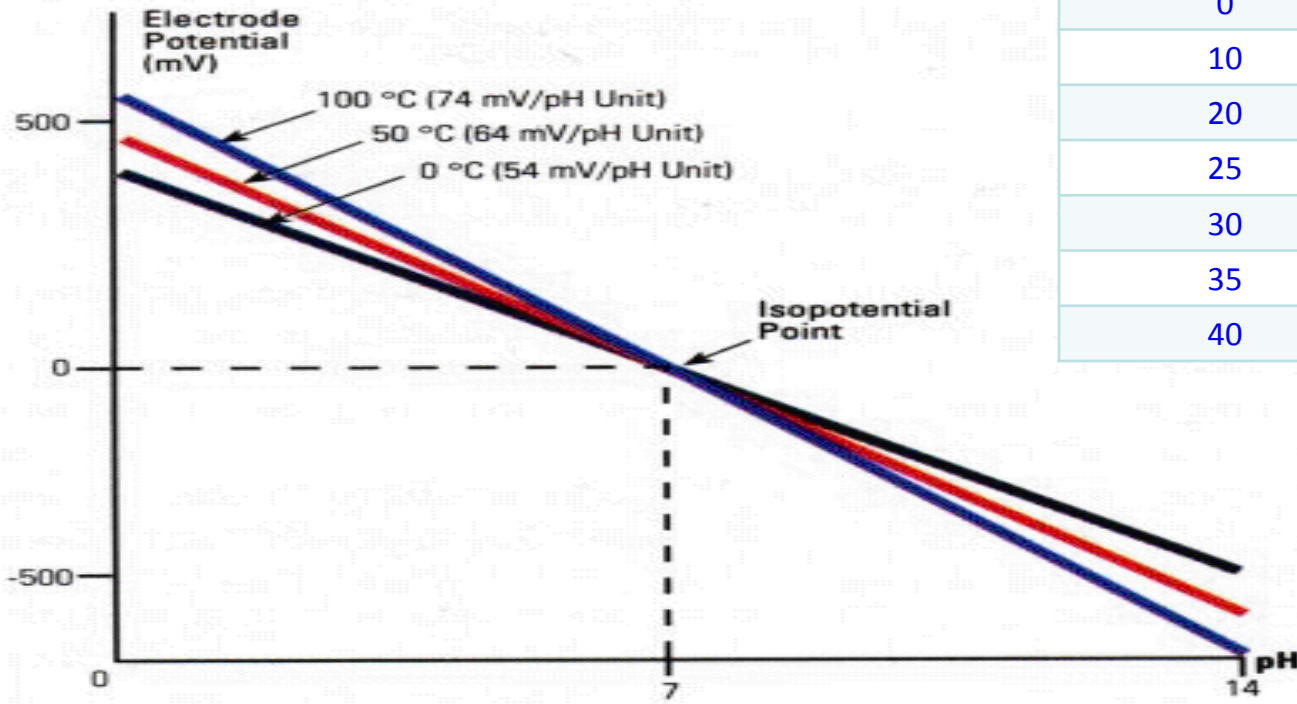
T : Temperatura absoluta (escala Kelvin) —————> Variable

log aH<sup>+</sup>: Es el pH

**El Factor de Nernst y por lo tanto el comportamiento del electrodo es dependiente de la temperatura**

**La pendiente ideal es igual a 59, 16 mV/pH unidades medido a 25°C.**

# Valores teóricos de la pendiente en función de la temperatura



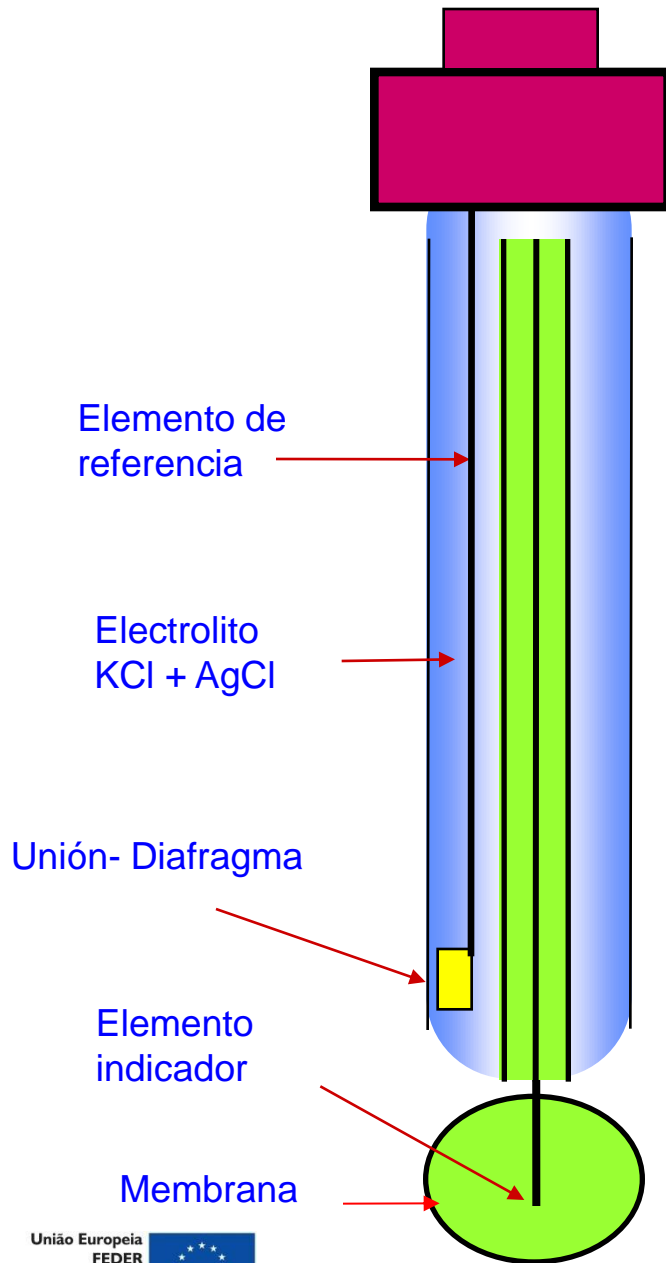
Temperatura (°C)	Pendiente (mV)
0	54,20
10	56,17
20	58,17
25	59,16
30	60,16
35	61,15
40	62,14

# Tipos de Electroodos de membrana selectivos a iones

## Tipos de Electroodos de membrana selectivos a iones

<b>Tipo de membrana</b>	<b>Iones selectivos</b>
Membrana vidrio	pH, Na
Membrana líquida	Calcio, Nitrato, Amonio, Potasio
Electrodo Estado sólido	Bromuro, Cadmio, Cloruro, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Ioduro, Plomo/Sulfato, Plata/Sulfuro
Sensores de Gases	Amoníaco, Dióxido de carbono

# Partes del electrodo de pH



- **Elemento de referencia**

Consiste en una célula capaz de suministrar un potencial mV constante

Normalmente es un alambre de plata Ag recubierto galvánicamente de cloruro de plata AgCl

- **Electrolito**

Es una solución salina muy concentrada en la cual está sumergido el electrodo de referencia.

Pueden ser líquidos, gel, o sólidos (polímero conductor)

- **Diafragma**

Es el punto de unión entre el electrolito y la muestra. Es la parte crítica del electrodo, influyendo directamente en el tiempo de vida.

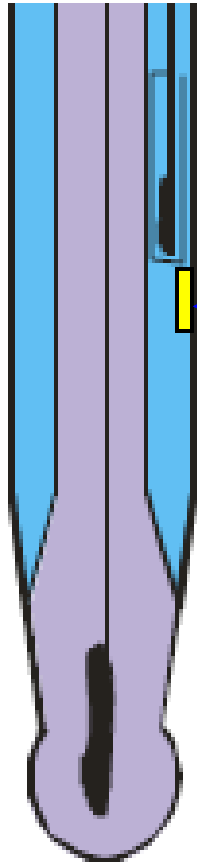
Pueden ser, cerámicos, teflón poroso, gran diafragma, diafragma abierto

- **Membrana**

De su composición dependen características tales como la sensibilidad, la resistencia química, térmica y mecánica del electrodo.

Las formas de las membranas pueden ser esféricas, planas, cónicas.

## Unión - diafragma

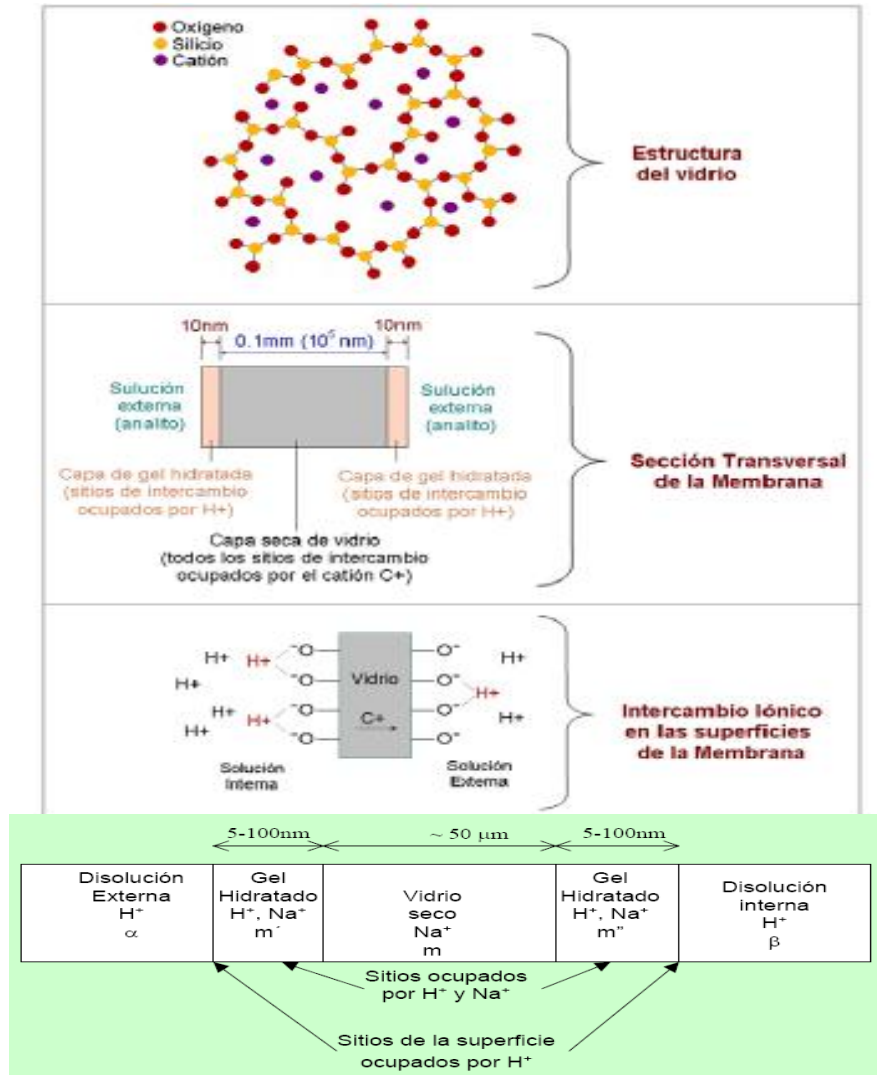


Es el punto de unión entre el electrolito y la muestra. Es la parte crítica del electrodo, influyendo directamente en el tiempo de vida.

- Unión cerámica
- Unión triple cerámica
- Unión Teflón poroso
- Vidrio lijado
- Unión abierta o libre difusión



# Estructura y características de la membrana





# Vidrio de la membrana del electrodo

Indicación	Características	Rango	Impedancia a 25°C
General	Vidrio incoloro estándar para Aplicaciones universales	pH = 0 - 13 0 a 70°C	~ 100 MΩ
Altas temperaturas	Vidrio incoloro para aplicaciones con altas temperaturas, bajo error alcalino y con alta resistencia química. Aplicaciones de procesos	pH = 0 - 14 20 a 100°C	~ 400 MΩ
Bajas temperatura	Vidrio de color verde oscuro se utiliza para aplicaciones generales a bajas temperaturas	pH = 0 - 12 -10 a 50°C	~ 40 MΩ
Vidrio HF	Vidrio resistente para aplicaciones agresivas con iones Fluoruros	pH (-10°C a 50°C) 2 3 4 5	Límite de Fluoruros (F- mg/l) 400 1.000 5.000 Sin límite

**pH**    **Pendiente**

0    414,12

1    354,96

2    295,8

3    236,64

4    177,48

5    118,32

6    59,16

7    0

8    -59,16

9    -118,32

10    -177,48

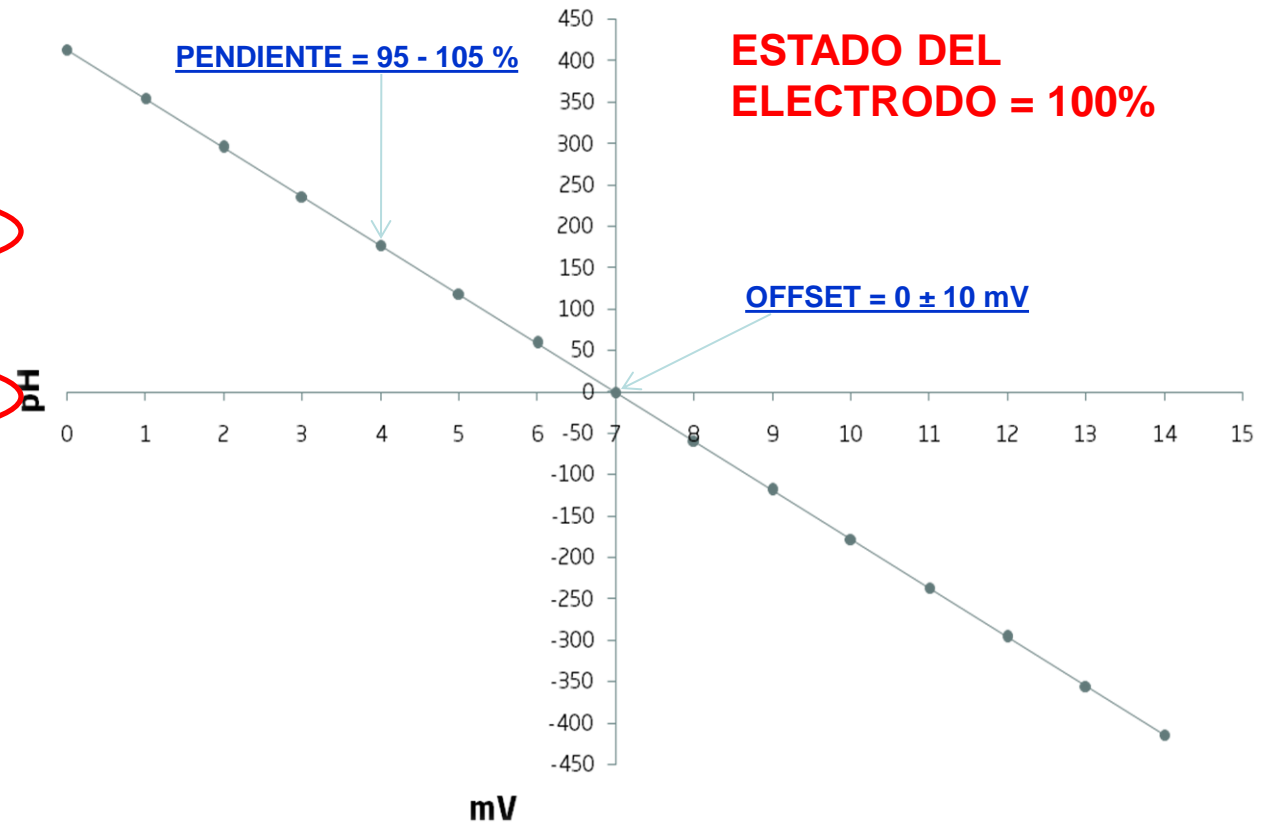
11    -236,64

12    -295,8

13    -354,96

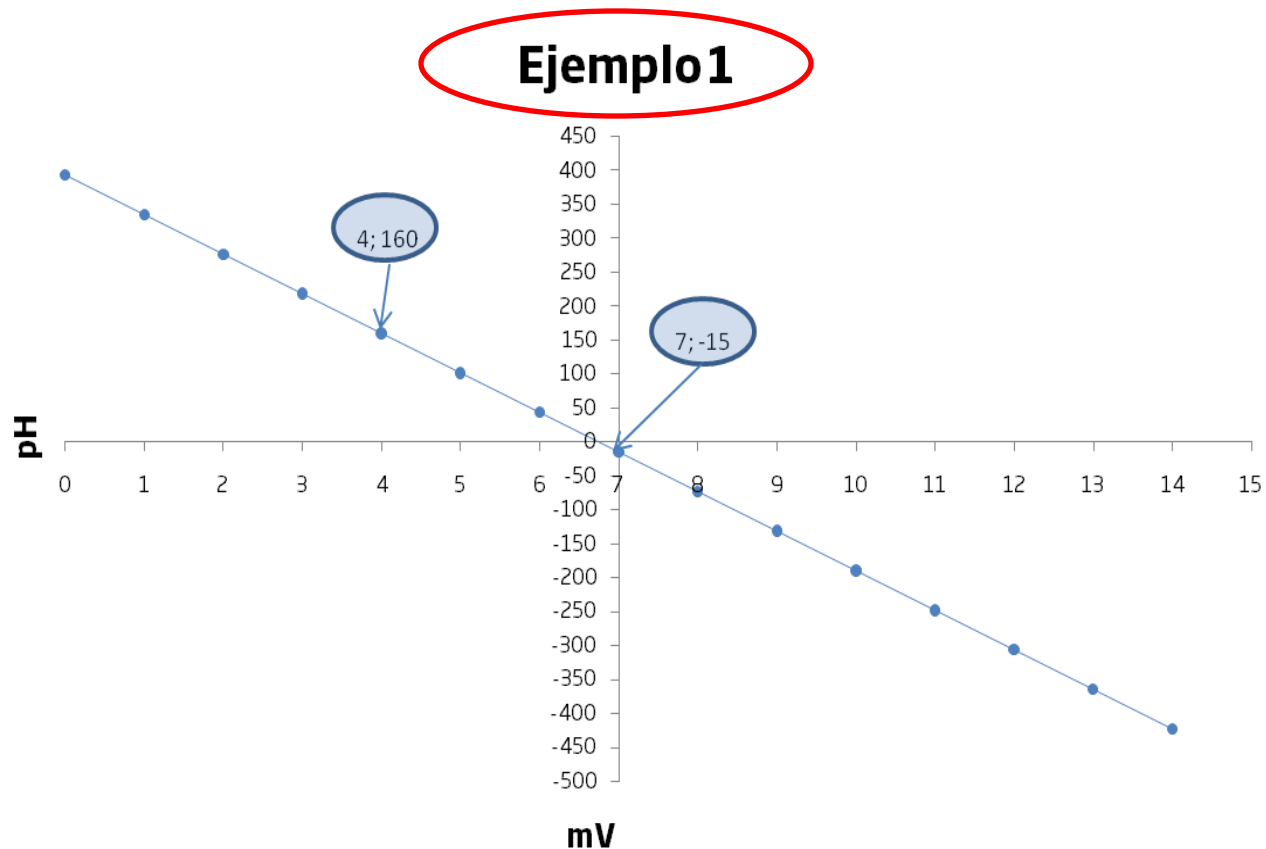
14    -414,12

## ESTADO DEL ELECTRODO



pH	mV
0	393
1	335
2	277
3	218
4	160
5	102
6	43
7	-15
8	-73
9	-132
10	-190
11	-248
12	-307
13	-365
14	-423

Offset = **-15 mV**

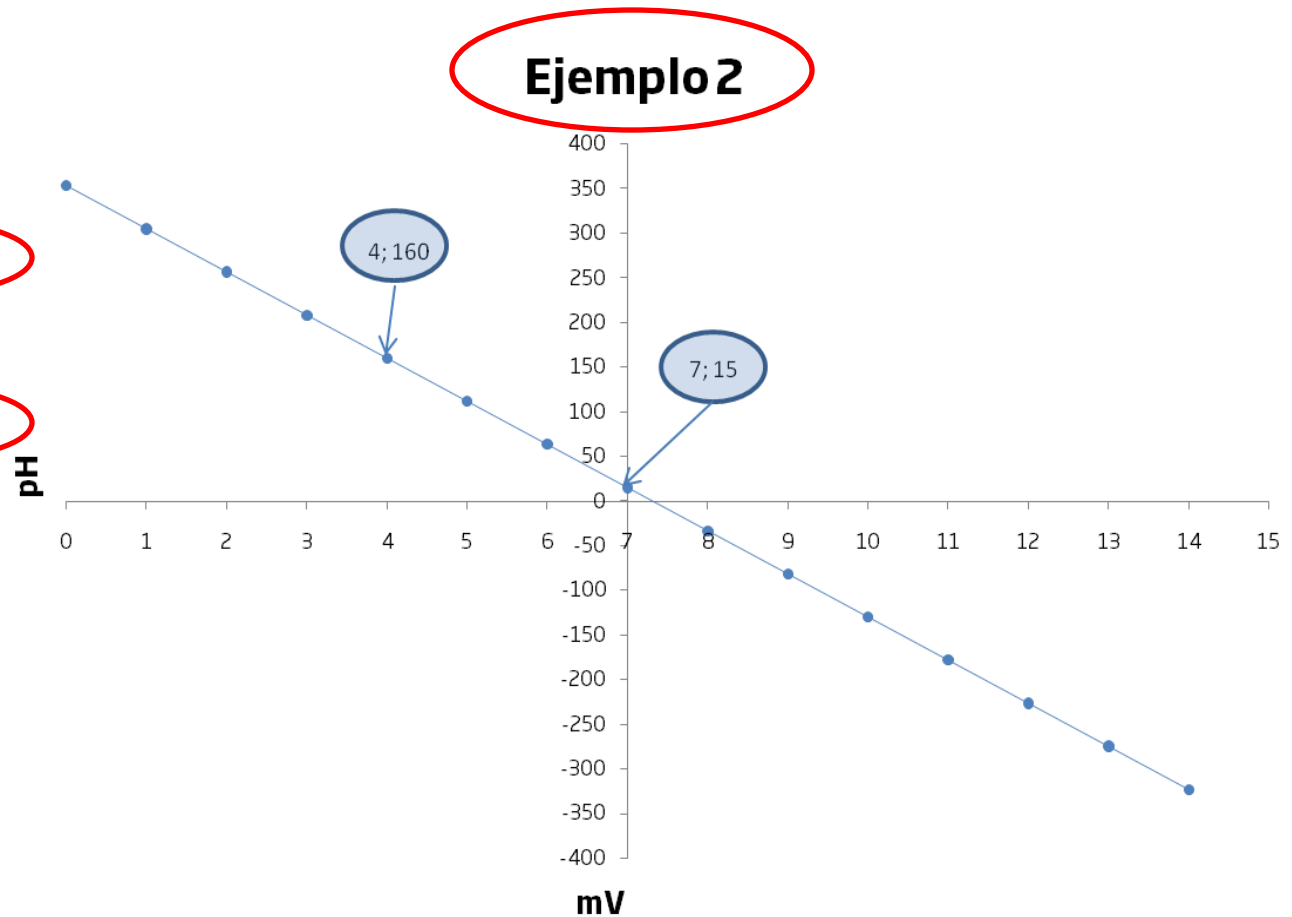


pH 4.0 = 160 mV

Pendiente =  $[160 - (-15)] / (7 - 4) = 175 / 3 = 58,33$

$58,33 / 59,16 \times 100 = 98,6\%$

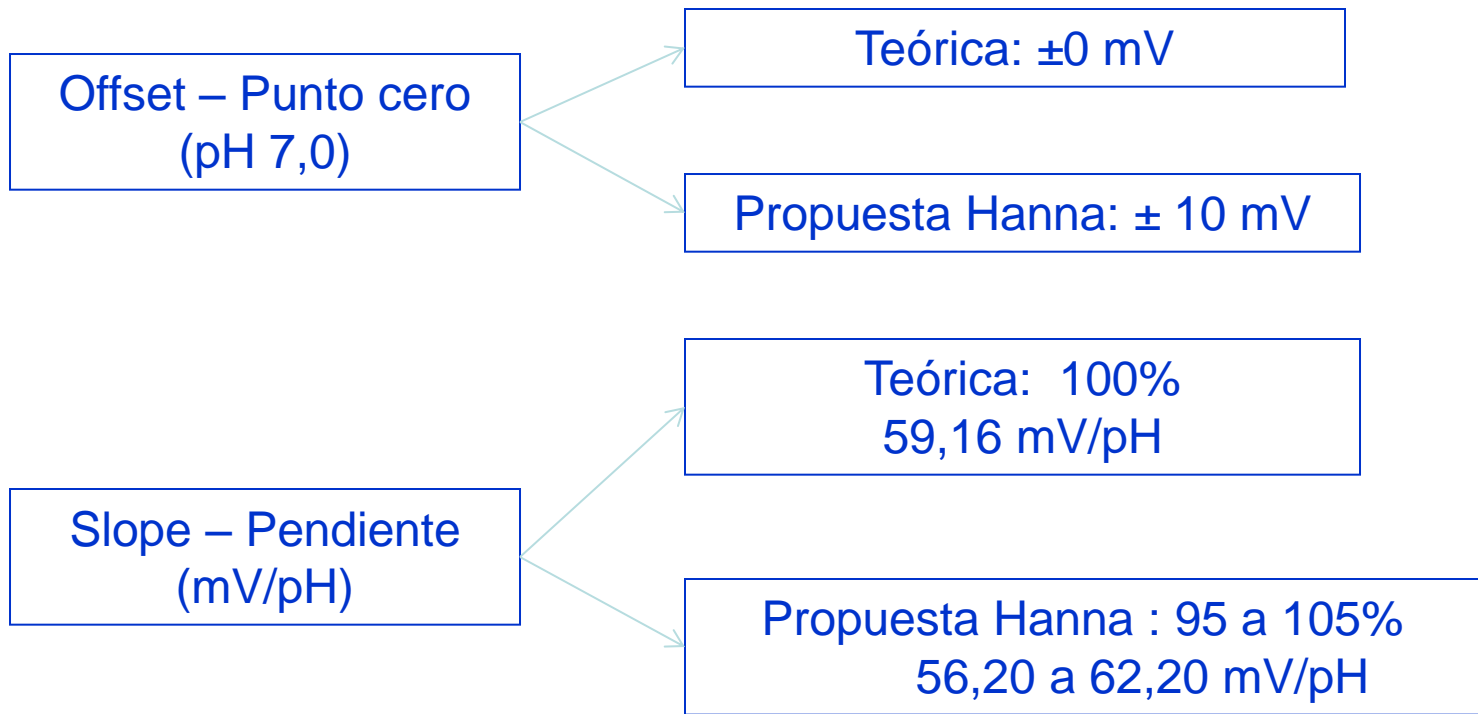
pH	mV
0	353
1	305
2	257
3	208
4	160
5	112
6	63
7	15
8	-33
9	-82
10	-130
11	-178
12	-227
13	-275
14	-323



pH 7.0 = 15 mV  
Offset = **15 mV**

pH 4.0 = 160 mV  
Pendiente =  $[160 - 15] / (7 - 4) = 145 / 3 = 48,33$   
 $48,33 / 59,16 \times 100 = \mathbf{82,7\%}$

Punto cero y pendientes aceptables a 25°C:



Criterio y pautas a seguir con la pendiente del electrodo

Rango ideal: 95% – 102%

Rango recomendable para la limpieza electrodo:  $\leq 95\%$

Rango para reemplazar el electrodo:  $\leq 92\%$

Por qué calibrar:

- Cambios en el punto cero y la pendiente

Puntos de calibración:

- Normalmente con dos tampones, uno para el punto cero y otro para la pendiente.
- Para el punto cero: tampón pH 7,01 a 25°
- Pendiente: Un tampón que difiera aproximadamente en tres unidades de pH.

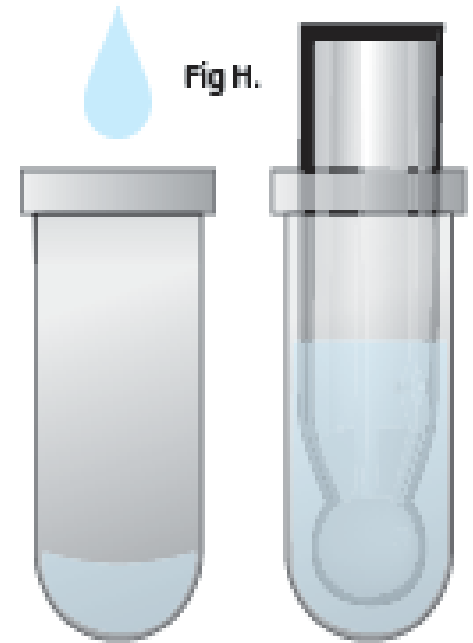
La frecuencia de la calibración:

- Precisión exigida por el usuario
- El tipo de muestra
- El numero de muestras a analizar



## Almacenamiento

- La membrana del electrodo de pH debe estar siempre hidratada.
- Se debe almacenar en una solución saturada de KCl
- Nunca se almacenará en una solución con agua destilada.
- Si se ha almacenado en seco el electrodo, puede que la monocapa se haya destruido
- La mejor temperatura de almacenamiento está entre 15-25°C.



## Envejecimiento y duración

En condiciones normales de laboratorio, para soluciones acuosas, el electrodo de pH puede durar entre 12 y 24 meses. Irá disminuyendo dependiendo:

- ✓ Condiciones de almacenamiento y mantenimiento.
- ✓ Muestras que contengan fluoruros
- ✓ Muestras muy alcalinas
- ✓ Muestras a altas temperaturas

## Vida media de los electrodos en función de la temperatura

Temperatura	Duración (meses)
25 °C	12 - 24
50 °C	6 - 12
75 °C	3 - 6
100 °C	≤ 1

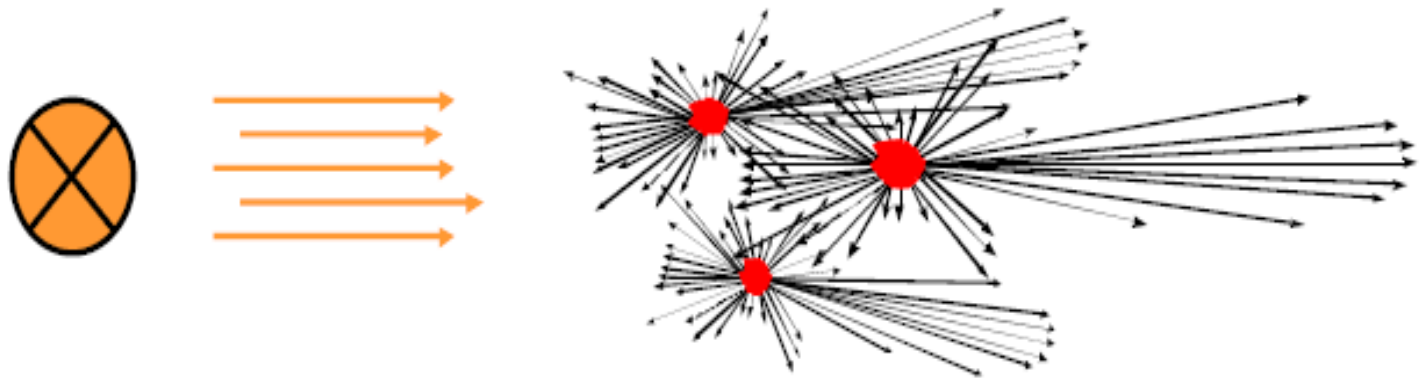


# Errores frecuentes en la medida de pH

- Error Alcalino y ácido
- Error en el pH del tampón patrón. Reutilización de los buffers.
- Almacenar el electrodo seco o en agua desionizada.
- Mantener cerrado el orificio de llenado durante las medidas.
- No reemplazar la solución de referencia.
- Limpiar el bulbo del electrodo con elementos agresivos.

➤ **Parámetro:** Turbidez o turbiedad

➤ La dispersión de la luz que pasa a través de un líquido es causada principalmente por los sólidos en suspensión.

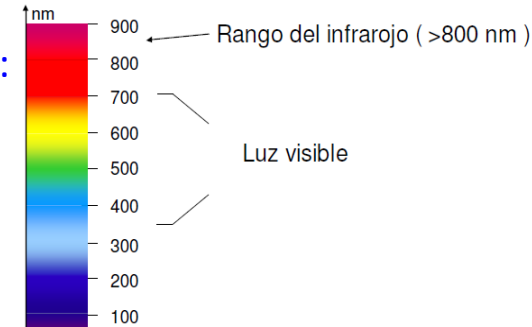


➤ La dispersión de la luz en la turbidez depende fundamentalmente de:

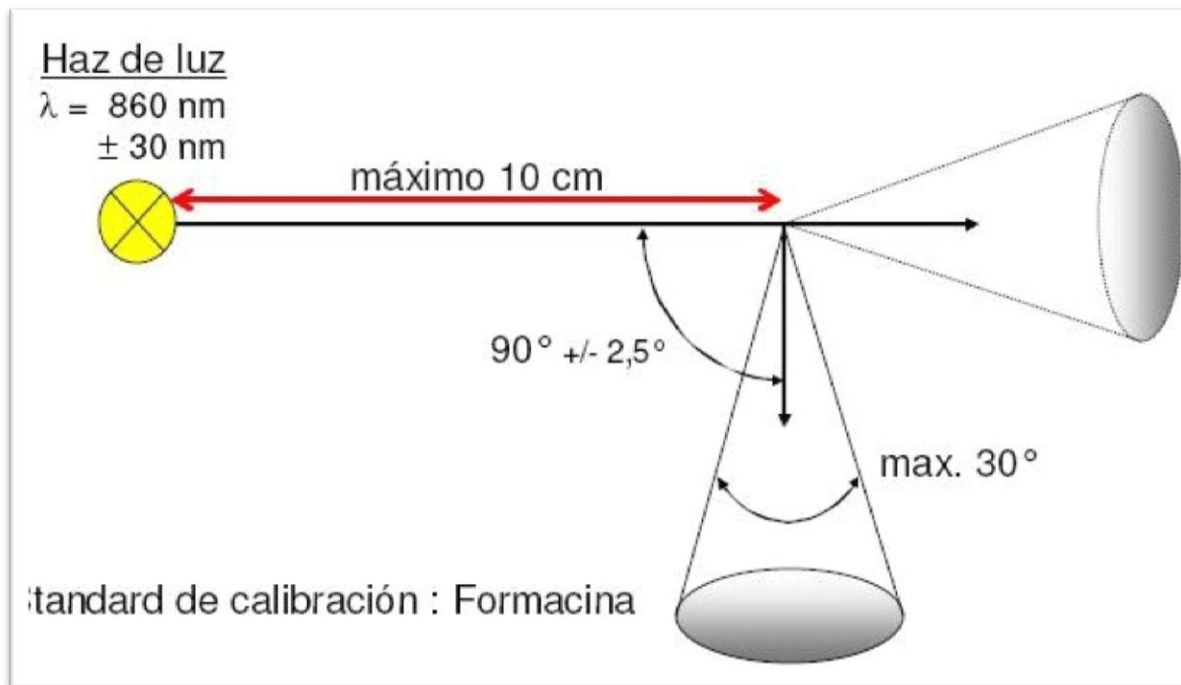
- ✓ El tipo de partículas
- ✓ El tamaño de las partículas
- ✓ La concentración o el número de partículas
- ✓ La longitud de onda de la radiación



- Los **métodos estandarizados** para medir la turbidez son:
  - ✓ ISO 7027: Infrarrojos IR 860 nm
  - ✓ US EPA 180.1: Lámpara de filamento de tungsteno



## Detección de luz dispersa según ISO 7027





HI 98703 – Cumple Norma EPA 180.1

HI 98713 - Cumple ISO 7027

## Unidades de turbidez y propiedades

Propiedades del Medidor	NTU	FNU	FA
Tipo de luz	Blanca	Infrarroja	Infrarroja
Longitud de onda de la luz	400 - 680 nm	780 - 900 nm	780 - 900 nm
Angulo detector	90º	90º	180º
Tipo de señal	Dispersión	Dispersión	Atenuación
Método	EPA 180.1	ISO 7027	ISO 7027



## Patrones de calibración:

### Formacina

- ✓ Las Normas ISO 7027 y EPA 180.1 indican a la formacina como standard de calibración. Habrá que tener en cuenta que el sulfato de hidracina es venenoso y puede ser cancerígeno
- ✓ La solución madre es estable en cuatro semanas en condiciones de oscuridad y 25°C.
- ✓ Las soluciones diluidas son muy inestables

### AMCO

- ✓ Es un polímero sintético que describe la ISO 7027 en su Anexo A y se caracteriza por su estabilidad durante dos años.

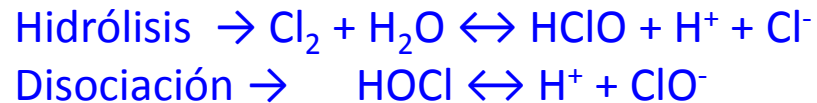
# Parámetros de control físico-químicos

- Desinfección con cloro/biocidas oxidantes
- pH/ ORP - Potencial REDOX
- Conductividad
- Dureza
- Alcalinidad
- Índice de Langelier

➤ Productos clorados

- ✓ Hipoclorito sódico
- ✓ Hipoclorito cálcico
- ✓ Cloro gas

➤ Reacciones del cloro al mezclarse con el agua



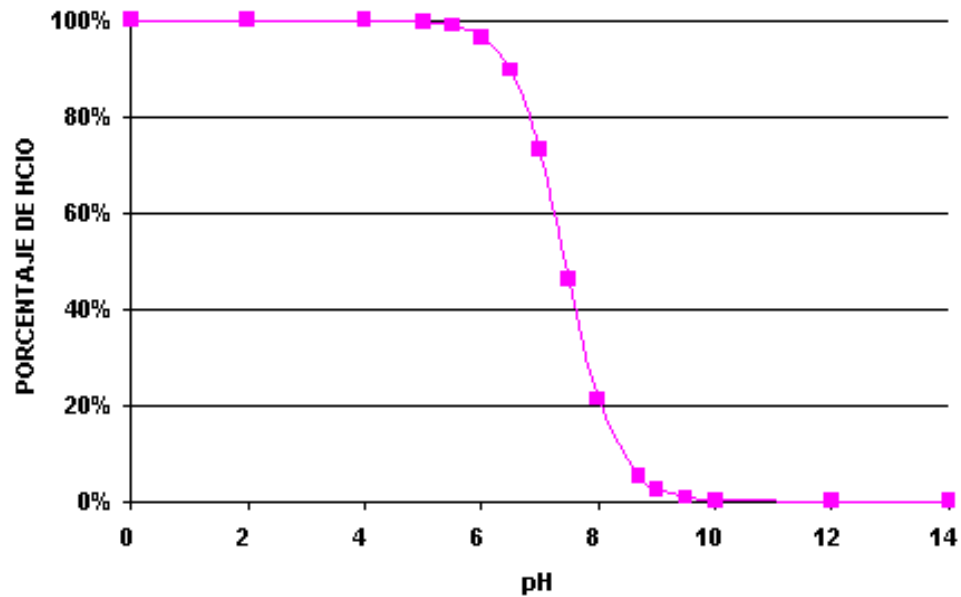
➤ **Cloro Libre:** Forma activa del cloro, formado por el ácido hipocloroso e ion hipoclorito

➤ **Cloro Combinado:** Se forma en presencia del cloro libre con el amoníaco y la materia orgánica nitrogenada.

➤ **Cloro Total:** Suma del cloro libre y el cloro combinado.

# Gráfica del % del cloro activo en función del pH

Gráfico N° 1. Curva de porcentaje de concentración de HClO

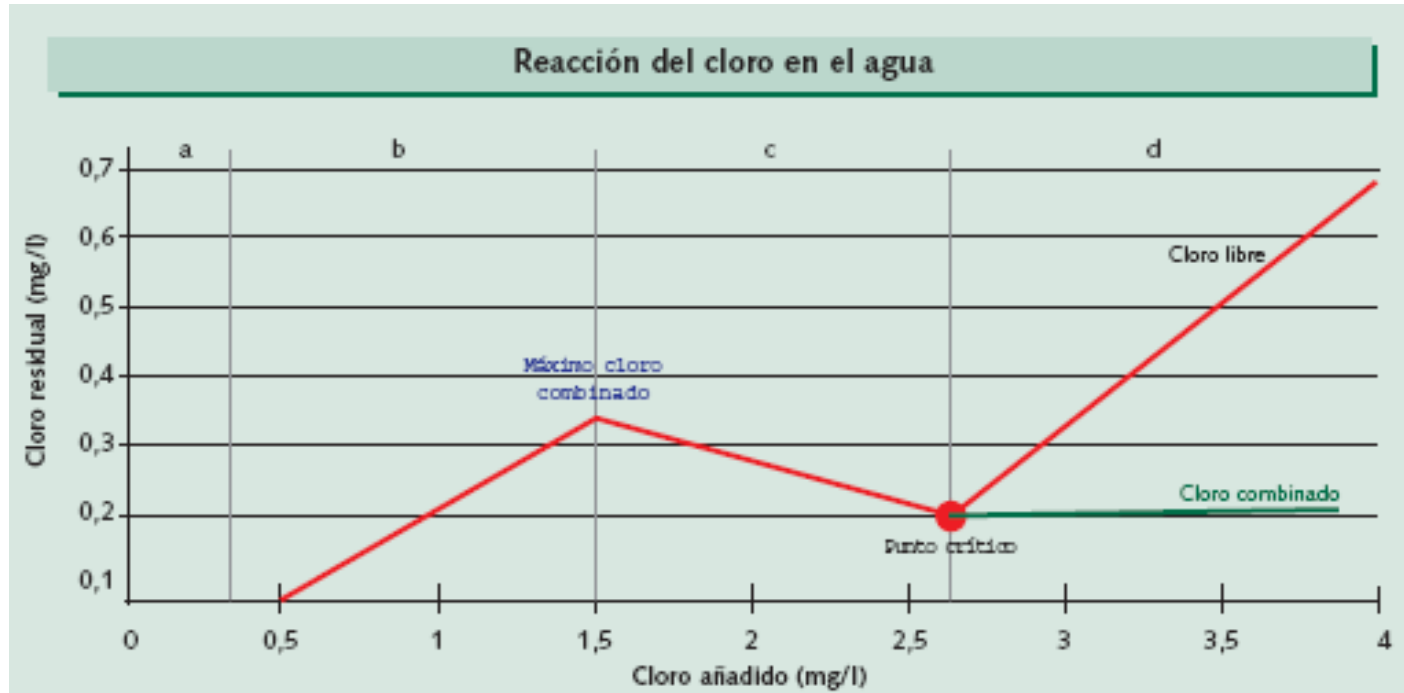


pH	% cloro activo	% cloro inactivo
6,0	95	5
6,5	90	10
7,0	75	25
7,2	66	34
7,5	47	53
8,0	22	78
8,5	8	92





# Curva del cloro. Punto crítico y demanda de cloro



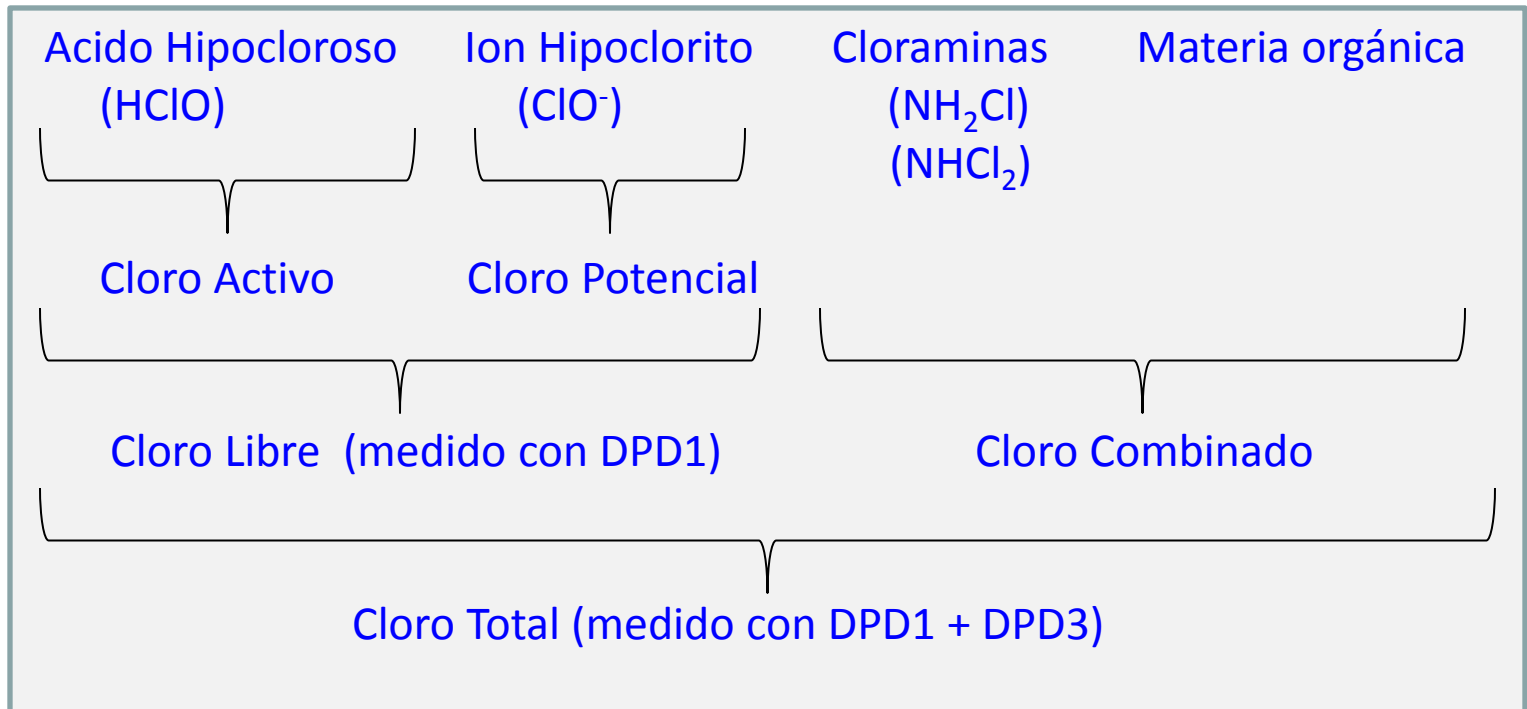
**Etapa a:** Destrucción del cloro residual por compuestos reductores

**Etapa b:** Formación de compuestos organoclorados y cloraminas

**Etapa c:** Destrucción de cloraminas y compuestos organoclorados

**Etapa d:** Formación de cloro libre y presencia de compuestos organoclorados no destruidos

# Diferentes formas de cloro en el agua



# Medida de Potencial Redox (ORP)

- El Potencial Redox se refiere a un tipo de reacciones en las que las sustancias participantes se intercambian electrones
- En ellas coexisten dos procesos:
  - Oxidación: Pérdida de electrones
  - Reducción: Ganancia de electrones
- Cuando una sustancia pierde electrones, otra los tendrá que ganar y al revés.
- El REDOX es una forma rápida y económica de conocer el poder desinfectante de los biocidas oxidantes.
- Los elementos pertenecientes a la familia de halógenos se caracterizan por su poder oxidante.
- La concentración del cloro, bromo, y el ozono se puede relacionar con su REDOX.
- El valor del Potencial Redox se presenta en mV.

# Curvas características de Potencial Redox (ORP)

ORP = 700mV

pH = 7,4

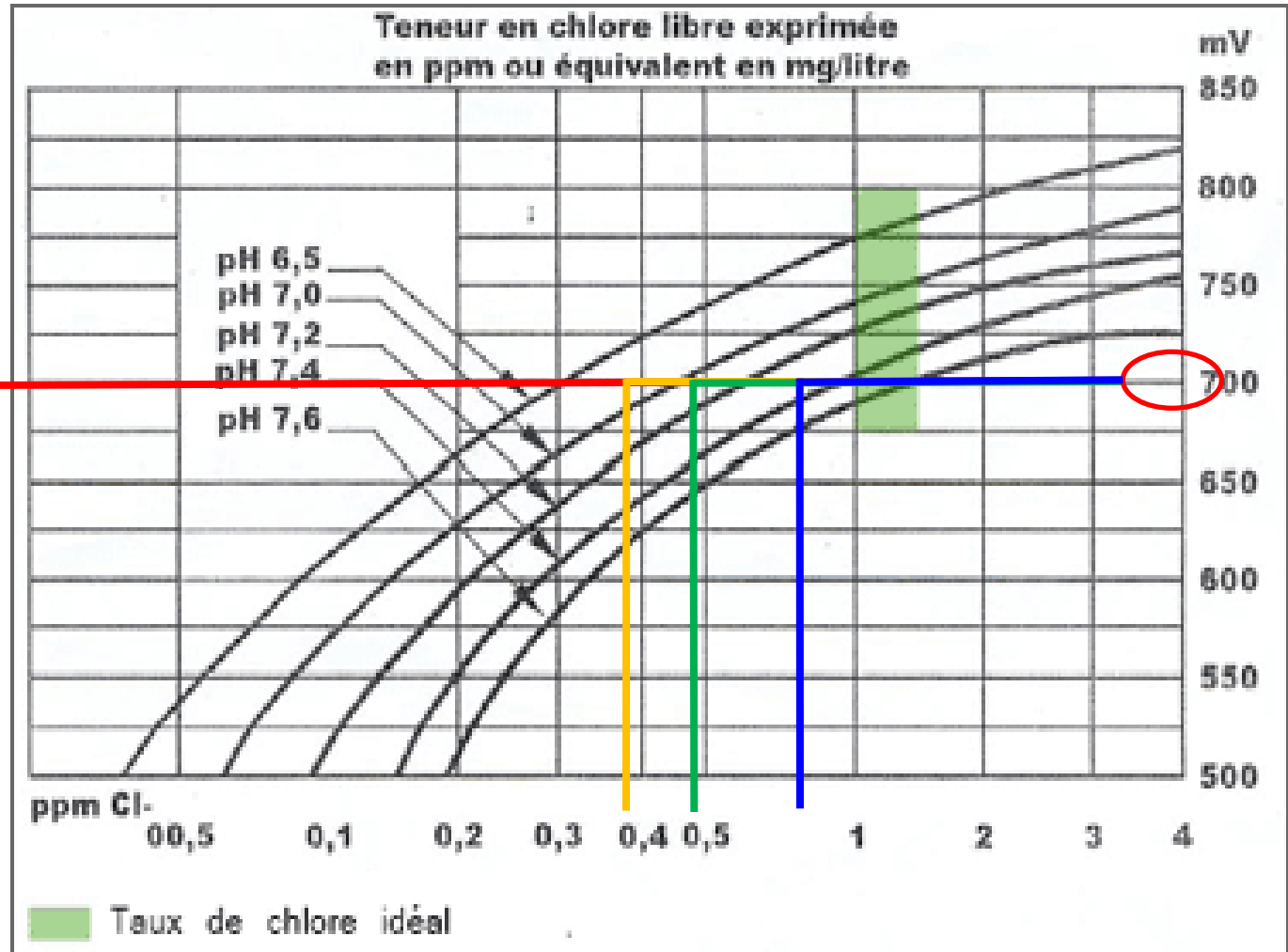
pH = 7,2

pH = 7,0

ppm Cl<sub>2</sub> (libre) = 1 ppm

ppm Cl<sub>2</sub> (libre) = 0,6 ppm

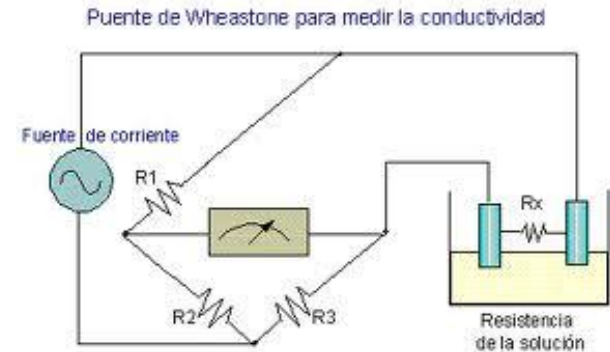
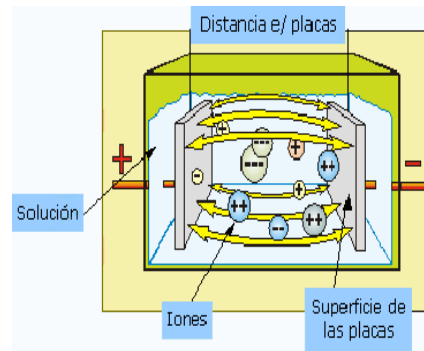
ppm Cl<sub>2</sub> (libre) = 0,46 ppm



**Parámetros:** Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales (TDS)

**Principio de funcionamiento:** Mide la conductividad eléctrica de los iones de la disolución. Para ello aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y mide la resistencia eléctrica de la disolución

La resistencia eléctrica será proporcional a la cantidad de sales presentes en la muestra de agua y por lo tanto a la conductividad.



## **Unidades de medida**

- La Conductividad Eléctrica se expresa en  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Los Sólidos Disueltos Totales se expresan en  $\text{mg}/\text{l}$

## CONCEPTO

- La **conductividad eléctrica (EC)** se define como la capacidad que tiene una sustancia de conducir la energía eléctrica y es directamente proporcional a la concentración de sales en el agua
- La medida de conductividad no es una medida selectiva. Mide la suma de las conductividades simples, por eso no sirve para detectar distintos tipos de iones.
- La conductividad de una disolución es altamente dependiente de la temperatura. Los conductímetros corrigen automáticamente el valor de la conductividad para referirlo a 20°C o 25°C.
- La conductividad de una solución aumenta con la temperatura según un coeficiente y se expresa en %/°C. ( CT normalmente 1,9 – 2,0 %/°C)
- Los **Sólidos Disueltos Totales (TDS)** indica la cantidad de sales disueltas en una solución y se mide a través de la sonda de conductividad. Al valor de la conductividad se le multiplica por un factor (normalmente 0,5)

$$TDS (mg/l) = Conductividad (\mu S/cm) X Factor (normalmente 0,5)$$

## VALORES GUÍA

- **Aguas potables** (R.D. Aguas de consumo humano)
  - ✓ Valor guía: 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20°C
- **Aguas residuales**
  - ✓ Valor límite en el vertido: 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20°C (Según la Autonomía)
- **Piscinas de uso público**
  - ✓ Valor límite: 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20°C (Según Autonomía)
- **Torres de refrigeración** (R.D. Legionella – Anexo IV - Tabla 1)
  - ✓ Debe estar comprendida entre los límites que permitan la composición química del agua (dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, otros) de tal forma que no se produzcan fenómenos de incrustación y/o corrosión. El sistema de purga se debe automatizar en función a la conductividad máxima permitida en el sistema indicado en el programa de tratamientos del agua.
  - ✓ El agua en ningún momento podrá tener características extremadamente incrustantes ni corrosivas. Se recomienda calcular el índice de Ryznar o de Langelier para verificar esta tendencia

## MÉTODOS DE ANÁLISIS

- UNE EN 27888:1993
- SM 2510 B (ED 17)

## CONCEPTO



La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases valorables. La alcalinidad de muchas aguas de superficie depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. El origen de la presencia de carbonatos y bicarbonatos en las aguas de superficie puede ser diverso: disolución del dióxido de carbono atmosférico, respiración biológica, disolución de rocas carbonatadas, etc. La concentración relativa de cada una de estas especies depende fundamentalmente del pH.

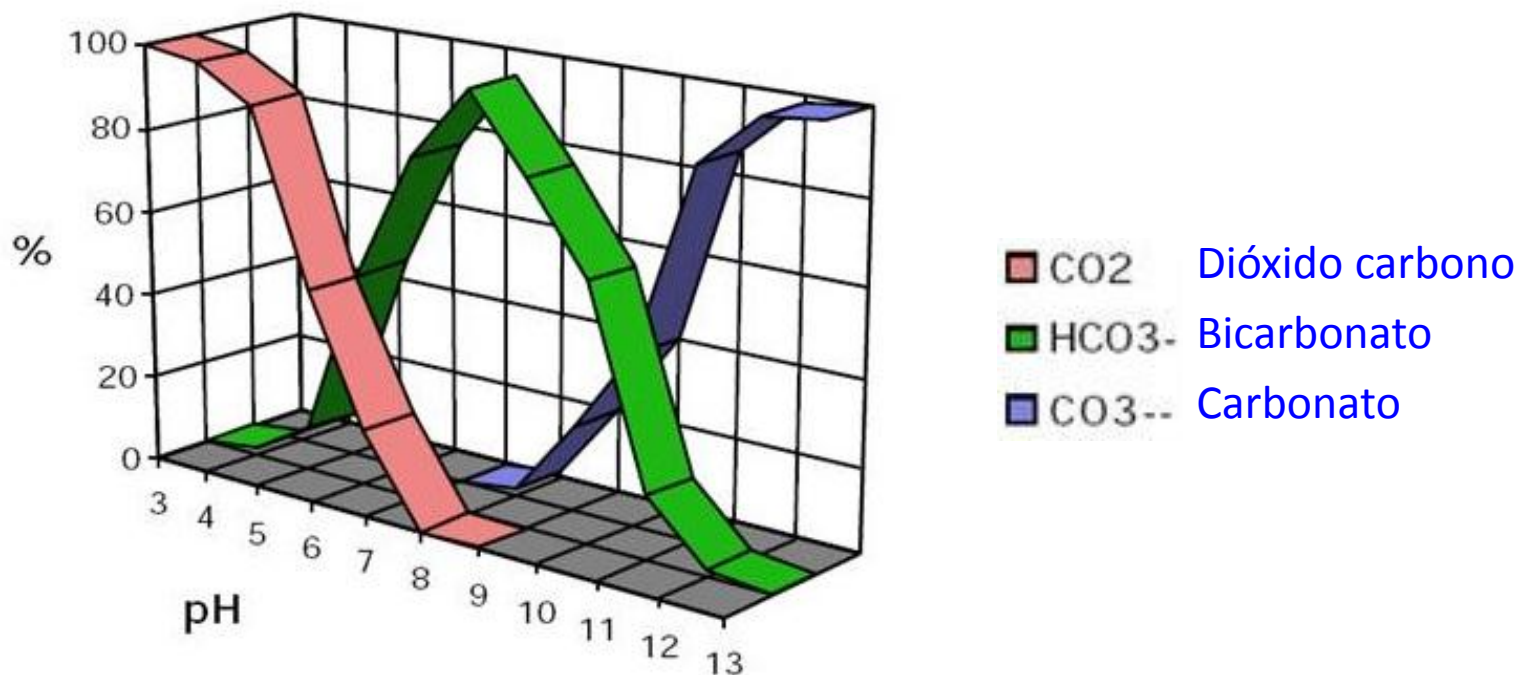
Los componentes alcalinos actúan como reguladores del pH del agua

Se puede expresar como:

- 1. Alcalinidad total (TAC).** Viraje del pH a 4,5  
Alcalinidad al anaranjado de metilo.  
Determina el contenido total en hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.  
También denominado alcalinidad (m).
- 2. Alcalinidad simple (TA).** Viraje del pH a 8,3  
Es la alcalinidad a la fenolftaleína.  
Nos informa sobre el contenido en hidróxidos alcalinos y la mitad del contenido en carbonatos.  
También denominado alcalinidad (p)



## Especies carbonatadas en el agua en función del pH



**Alcalinidad total (TAC).** Viraje del pH a 4,5. Alcalinidad al anaranjado de metilo. A(m)

**Alcalinidad simple (TA).** Viraje del pH a 8,3. Es la alcalinidad a la fenolftaleina. A(p)

# VALORES GUÍA DE ALCALINIDAD

- **Piscinas de uso público**
  - ✓ Valores óptimos aconsejados: 125 – 175 mg/l CaCO<sub>3</sub>
- **Aguas de riego**
  - ✓ Valores óptimos de alcalinidad total: 100 – 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>
- **Agua interior de caldera pirotubular**
  - ✓ Valores inferiores a 1.000 mg/l CaCO<sub>3</sub> (En función de la presión)
- **Aguas superficiales y lagos**

Rango	Alcalinidad (mg/l CO <sub>3</sub> Ca)
Baja	<75
Media	75 - 150
Alta	> 150

# MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA ALCALINIDAD

- **Método de titulación**
  - ✓ UNE EN ISO 9963-1:1996
  - ✓ UNE EN ISO 9963-2:1996
  
- **Método de titulación**
  - ✓ SM 2320 B
  
- **Método colorimétrico**
  - ✓ Adaptación método de titulación



## CONCEPTO

La **dureza** del agua indica la cantidad de carbonatos, sales de calcio y de magnesio disueltas en el agua.

Las formas de expresión más usuales son: mg/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$  o grados franceses ( $^\circ\text{F}$ ).

## TIPOS DE DUREZA

Se debe distinguir entre dureza temporal y permanente

- La **dureza temporal** se determina por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados formados por filtración, también se le conoce como "**Dureza de Carbonatos**".
- La **dureza permanente** está determinada por todas las sales de calcio y magnesio excepto carbonatos y bicarbonatos. No puede ser eliminada por ebullición del agua y también se le conoce como "**Dureza de No carbonatos**".



La dureza total se calculará sumando la dureza cálcica y la magnésica



- **Piscinas de uso público**
  - ✓ Valores óptimos aconsejados: 150 – 250 mg/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$
- **Agua de alimentación de calderas**
  - ✓ Valores inferiores a 10 mg/l  $\text{CO}_3\text{Ca}$
- **Aguas superficiales**

## Valores de dureza en aguas superficiales

Dureza como $\text{CaCO}_3$	Interpretación
0-75	agua blanda
75-150	agua poco dura
150-300	agua dura
> 300	agua muy dura

- **Método de titulación con EDTA**
  - ✓ UNE 77-040-83
  
- **Método de titulación con EDTA**
  - ✓ SM 2340 C
  
- **Método colorimétrico**
  - ✓ Adaptación método EPA 130.1



Es un índice que refleja el **equilibrio** del pH **del agua** con respecto al calcio y la alcalinidad; usado en la estabilización del agua para controlar tanto la corrosión como la escala de deposición.

Podemos definir este índice como la indicación del grado de saturación del carbonato de calcio en el agua, el cual se basa en el pH, la alcalinidad y la dureza, o sea que si el índice es negativo indica que el agua es corrosiva, pero si el Índice de Langelier es positivo, el carbonato de calcio puede precipitar en el recipiente o cañería de agua.

Para realizar el balance del agua por medio del Índice de Langelier habrá que tener en cuenta los siguientes factores:

- Temperatura
- pH
- Dureza
- Alcalinidad
- TDS Sólidos disueltos totales

## Fórmula del Índice de Langelier

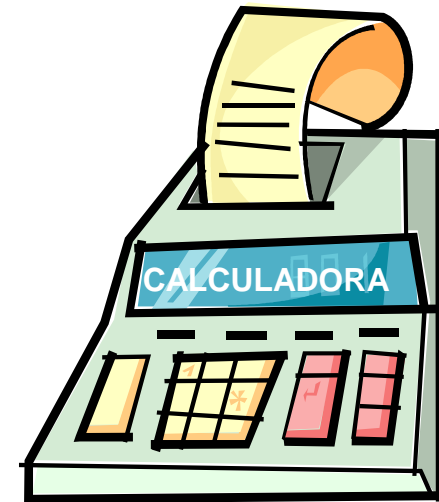
$$\text{Fórmula: } \underline{IL = pH + TF + HF + AF - 12,5}$$

# NIVELES GUÍA DE ÍNDICE DE LANGELIER

- Si el IL=CERO, indica que el agua está perfectamente equilibrada
  - Si el IL=NEGATIVO, indica que el agua tiene tendencias corrosivas
  - Si el IL=POSITIVO, indica que el agua tiene tendencias incrustantes
- 
- Tolerancia del Índice de Langelier aceptada como buena  $\pm 4$   
Elevada tendencia corrosiva  $< - 0,4 - + 0,4 >$  Elevada Tendencia incrustante

Ejemplo de equilibrio en una piscina:

Parámetro	Valor
pH	7,2 – 7,6
Alcalinidad	80 – 125 mg/l CO <sub>3</sub> Ca
Dureza cálcica	200 – 400 mg/l CO <sub>3</sub> Ca
Temperatura	24°C





# EQUIPO RECOMENDADO PARA EL IL Y EJEMPLO DE APLICACIÓN

Fórmula:  $IL = pH + TF + HF + AF - 12,5$

HI 83226

TEMPERATURA °C	TF	DUREZA ppm....HF	ALCALINIDAD ppm....AF
0.....	0,0	5.....	0,7
4.....	0,1	25.....	1,4
8.....	0,2	50.....	1,7
12.....	0,3	75.....	1,9
16.....	0,4	100.....	2,0
20.....	0,5	150.....	2,2
24.....	0,6	200.....	2,3
28.....	0,7	250.....	2,4
32.....	0,7	300.....	2,5
36.....	0,8	400.....	2,6
40.....	0,9	500.....	2,7
50.....	1,0	1000.....	3,0



Ejemplo de calculo:

Condiciones del agua	Factores	$pH + TF + HF + AF - 12,5 = 7,2 + 0,7 + 2,4 + 1,9 - 12,5 = - 0,3$
Temperatura 30°C TF = 0,7	pH = 7,2	<b>Conclusión:</b> El balance es aceptable pero existe riesgo de que el agua llegue a ser corrosiva; se recomienda verificar frecuentemente.
pH 7,2	AF = 1,9	
Alcalinidad 80 ppm	HF = 2,4	
Dureza 230 ppm		

**Interpretación de los resultados:**

- **Si el IL=CERO**, indica que el agua está perfectamente equilibrada
- **Si el IL=NEGATIVO**, indica que el agua tiene tendencias corrosivas
- **Si el IL=POSITIVO**, indica que el agua tiene tendencias incrustantes



El **HIERRO**  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  (mg/l) es un ión importante para el desarrollo de la legionella.

En las instalaciones de riesgo para la proliferación y dispersión de la legionella un nivel alto de la concentración de Hierro nos indica procesos de corrosión.

En el análisis de hierro por fotometría con el método de fenantrolina todas las formas de hierro se pasan al estado ferroso  $\text{Fe}^{2+}$

## VALORES GUÍA:

- **Aguas potables** (R.D. Aguas de consumo humano)
  - ✓ Valor guía: 200  $\mu\text{g/l}$
- **Torres de refrigeración** (R.D. Legionella – Anexo IV - Tabla 1)
  - ✓ Fe total < 2 mg/l

# LEGIONELLA - KIT DE INSPECCIÓN Y ANÁLISIS



## PARÁMETROS DE CONTROL

- pH
- Temperatura
- Conductividad
- Sólidos Disueltos Totales
- Turbidez
- Hierro total



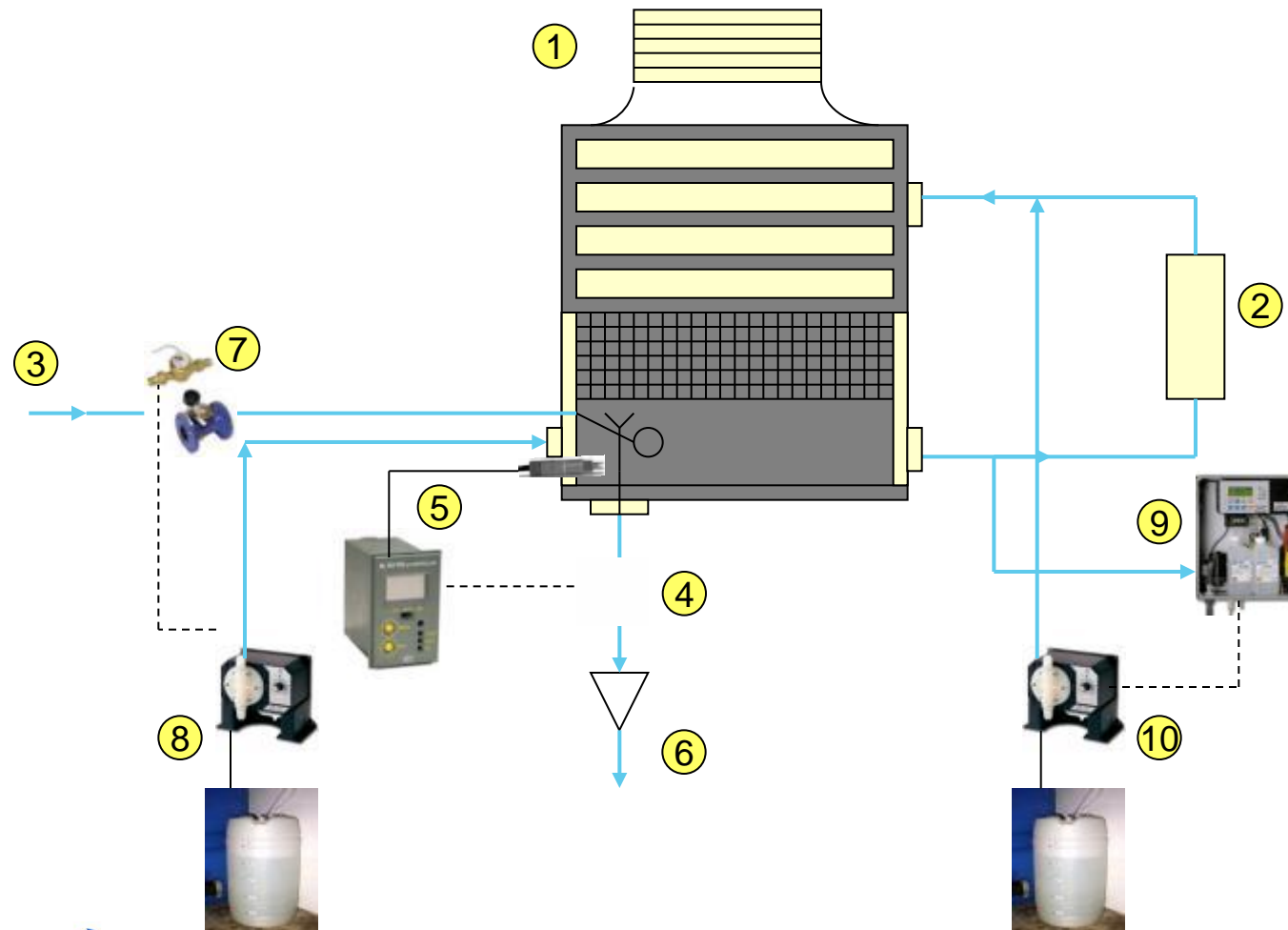
# ANALIZADORES AUTOMÁTICOS DE BIOCIDAS

- **Medida, control y dosificación en torres de refrigeración**
- **Purga de la torre de refrigeración automática**
- **Electrodos REDOX**
- **Sondas Galvánicas**
- **Sondas amperométricas**
- **Fotómetros ONLINE**

# MEDIDA, CONTROL Y DOSIFICACIÓN EN TORRES DE REFRIGERACIÓN

## LEYENDA:

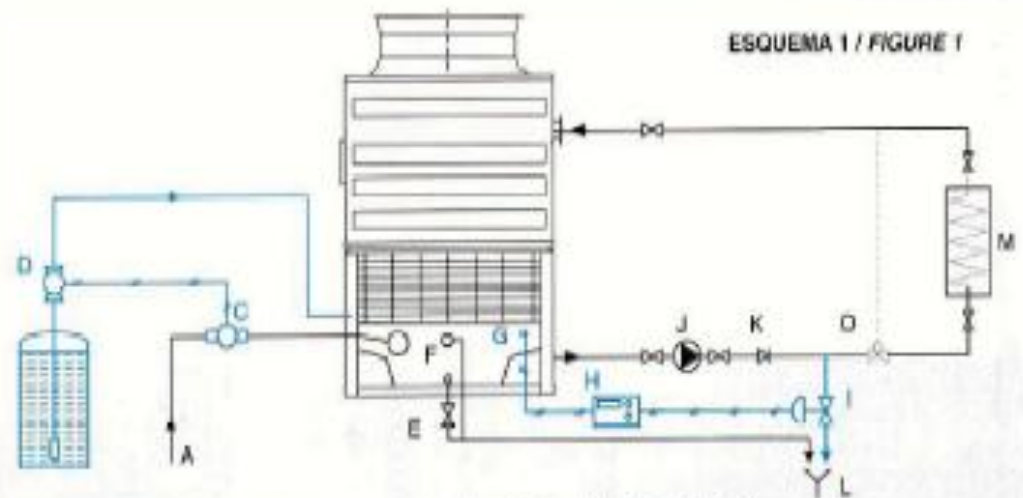
- 1.- Torre de refrigeración
- 2.- Refrigeración
- 3.- Entrada de agua
- 4.- Purga de agua
- 5.- Conductímetro
- 6.- Salida agua
- 7.- Contador de impulsos
- 8.- Dosificador inhibidor corrosión
- 9.- Medida de biocida
- 10.- Dosificador biocida



# PURGA TORRE DE REFRIGERACIÓN



## Esquema de la instalación



- A = Reposición de agua / Replenish water
- B = Depósito de reactivo / Reagent container
- C = Contador-energía de impulsos / Counter electro-transmitter
- D = Líquida oscilatoria / Ultrage pump
- E = Válvula de vaciado / Drainage valve
- F = Piezoacero / Overfiller
- G = Sonda / Sounding

- H = Conductivómetro / Conductivity control
- I = Electroválvula de purga / Drain electro-valve
- J = Bomba de recirculación / Recirculation pump
- K = Válvula de retención / Check valve
- L = Desagüe / Drainage
- M = Elemento a calentar / Element to be heated
- O = Válvula a tres vías y by-pass opcionales / Three-way valve and optional by-pass

# Analizadores de biocidas oxidantes

## Analizador Colorimétrico



Cámara de medida  
Fuente de luz: LED



## Analizador Amperométrico-Potenciométrico



Sonda de flujo  
abierto  
Galvánica



Sonda de membrana  
Amperométrica



Sonda Potencial  
Redox  
Potenciométrica





# Sonda galvánica de flujo abierto

## Sonda flujo abierto:



- **No es selectiva al ácido hipocloroso**, mide todos los oxidantes presentes en el agua.
- La célula de medida a de ser activada continuamente. Esto se logra con las bolas de cristal que frota el electrodo.
- La célula de medida es un elemento sometido a desgaste.
- El electrolito entre los electrodos es la propia muestra a medir.
- La conductividad del líquido debe ser muy uniforme, para asegurar que no produzca cambios en la resistencia de la célula que variaría la señal.
- La medida es dependiente del caudal, cualquier variación afecta a la medición.
- La medida es dependiente del pH, debe de mantenerse estable por lo que en los casos en los que exista variaciones de pH en la muestra, es obligatorio instalar también un electrodo de pH.
- El electrodo de pH se va consumiendo a medida que se utiliza, por lo que exige continuas calibraciones. Si el electrodo da una medida errónea el equipo no lo detecta.
- El tiempo de polarización es muy alto, hasta 24 horas, por lo que puede necesitar dos puestas en marcha.





# Sonda amperométrica de membrana

## Principio de funcionamiento de la sonda:

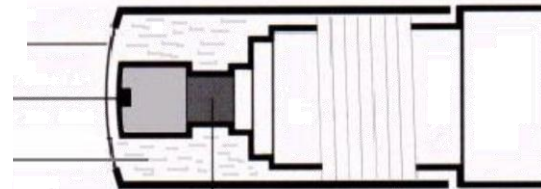
Las moléculas de cloro libre contenidas en la muestra se difunden a través de la membrana y tras aplicar un tensión de polarización constante a los electrodos, la presencia de cloro libre despolariza el electrodo de trabajo (cátodo), y en consecuencia genera una corriente que es proporcional a la concentración de cloro.

**Membrana permeable  
a Cl activo**

**Cátodo Au**

**Electrolito KCl**

**Ánodo Ag/AgCl**



- Mide selectivamente el cloro activo presente en la muestra, siendo la medida de cloro libre dependiente del pH.
- La membrana sella la célula y evita la entrada de líquidos desde el exterior, y permite que el único compuesto que se difunde a través de ella sea ácido hipocloroso.
- El gel que llena la cápsula tiene que ser cambiado como regla general cada 3 meses y la membrana cada 8-9 meses.
- El tiempo de polarización para que la célula indique un valor estable es bajo, 30-60 minutos
- La sonda se rompe en el caso de que se sobrepase el rango máximo de medida.



# Medidor colorimétrico DPD

➤ El analizador colorimétrico reproduce de forma automática los mismos pasos que realiza un fotómetro manual, por lo que es la forma más precisa de medición.



➤ Es selectivo al ácido hipocloroso y la medida es independiente del pH, al añadirse junto al reactivo DPD una solución buffer.

➤ **Duración de reactivos:** el intervalo entre mediciones es regulable entre 3 y 90 minutos. El cambio de los reactivos se aprovecha para hacer el cambio de los tubos de toma de muestra.

➤ Los reactivos disponen de un volumen para 8.640 muestras: con un intervalo de medición de 30 minutos, son válidos para 6 meses de duración, aunque ese intervalo es función de la aplicación. Lo más usual es programarlo en un intervalo de medición comprendido entre 5 y 10 minutos.

➤ Se aconseja una calibración al mes .

➤ La medida no depende del caudal.

➤ Seguridad de buen funcionamiento: control de error de lectura en cámara de medición y alarmas de máxima-mínimo y tiempo de dosificación para evitar hipercloraciones.

➤ Opciones de medición: Cloro Libre, Cloro Total, Bromo, pH, REDOX y Tª.



**MÉTODO:** DPD (dietil-fenil diamina)

**PRINCIPIO:** en presencia de cloro en la muestra, el DPD produce, a un pH controlado, una coloración rojo magenta cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro. El pH se controla con una solución "buffer".

## **MATERIALES**

- Analizador automático PCA320
- Reactivo indicador DPD
- Reactivo solución buffer
- Bomba dosificadora BlackStone



## Paso 1 Toma de muestra



### ↳ Definición:

*La electroválvula se abre y la muestra fluye a través de la cámara de medida hacia el desagüe*

### ↳ Control:

*Enrasado, la electroválvula se cierra y el exceso de muestra se evacua por el desagüe*

### ↳ Precaución:

*La presión ha de ser suficiente para que la muestra fluya por todo el circuito*

## Paso 2: Medida de BLANCO



- ↳ *Definición:*  
*Puesta a cero*
- ↳ *Control:*  
*Función automática*

## Paso 3: Oxidación Química



↪ *Definición:*

*Coloración de la muestra*

↪ *Control:*

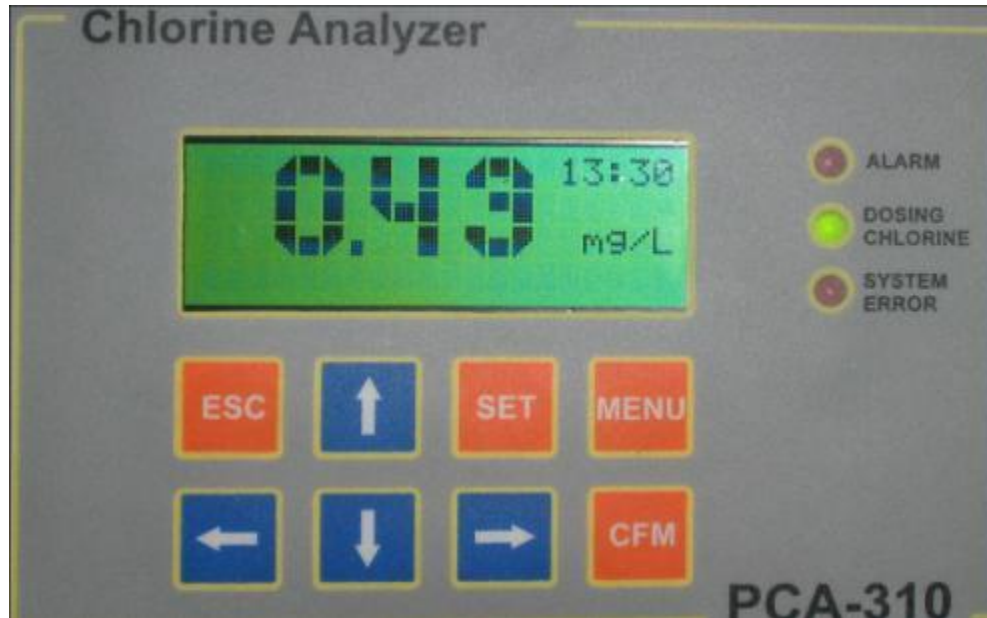
*La bomba peristáltica gira y añade la dosis correspondiente de indicador DPD y solución buffer a la cámara de medida.*

*Una pequeña barra agitadora gira en el interior de la cámara.*

*La muestra toma una coloración rojo magenta cuya intensidad es proporcional a la concentración de cloro.*



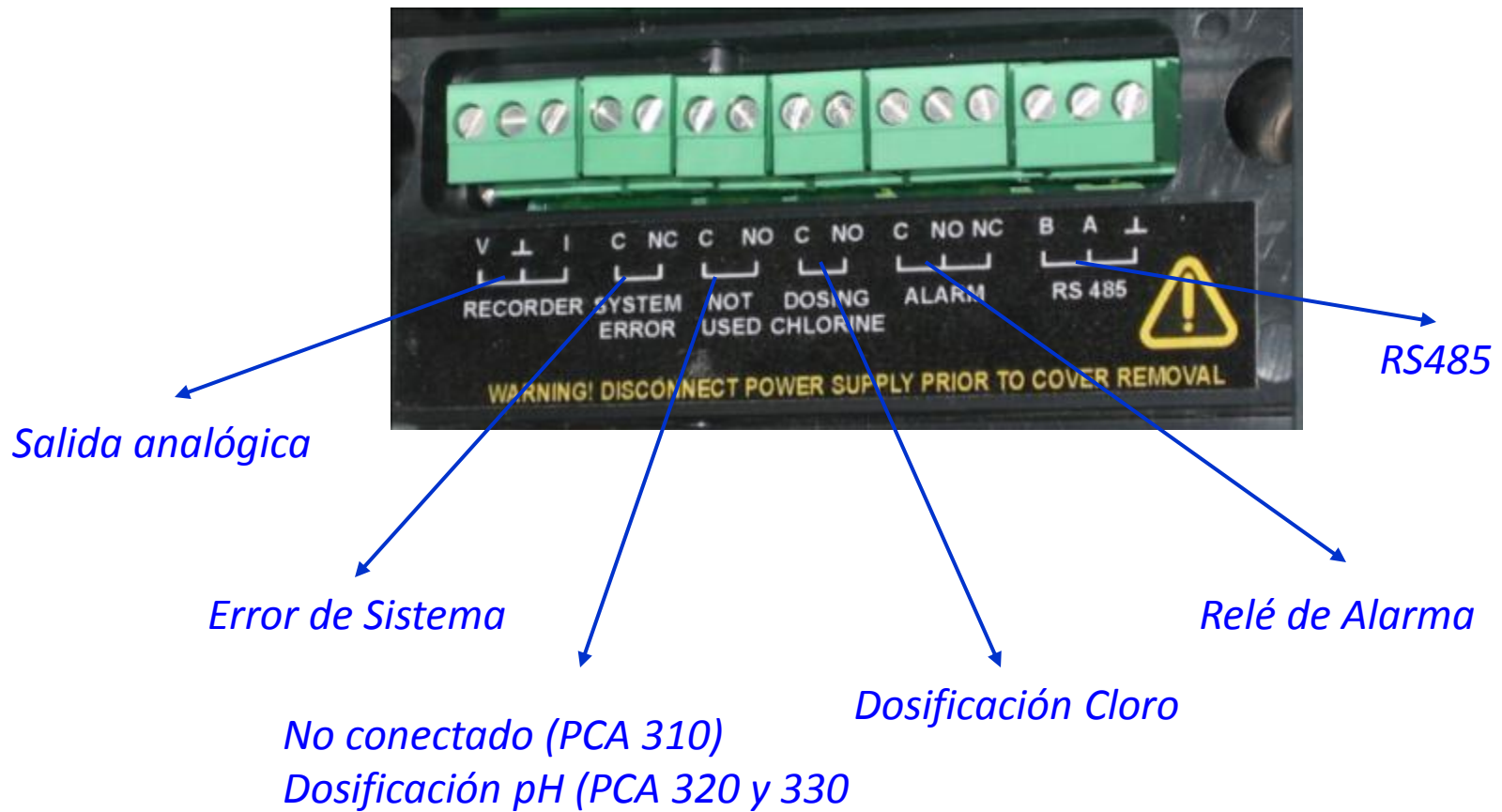
## Paso 4: Valoración



↳ *Definición:*  
*Medida final de la concentración de cloro libre*

*El display mostrará directamente la concentración de cloro libre expresada en mg/l*







## Especificaciones Técnicas

<b>Rango</b>	0,00 a 5,00 mg/l
<b>Precisión</b>	±8% de la lectura o ±0.05 mg/l la que sea ma
<b>Mínimo nivel detectable</b>	0,05 mg/l
<b>Tiempo de muestreo</b>	Programable entre una muestra cada 3 minutos y una cada 90
<b>Presión entrada muestra</b>	0,07 a 1 bar
<b>Caudal muestra</b>	Se recomienda un caudal de 100 a 300 ml/min.
<b>Temperatura muestra</b>	5 a 40°C

# !!!GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!

Para más información  
visite nuestra web;

[www.hanna.es](http://www.hanna.es)