

CURSO DE INTRODUCCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRANEAS

2010

TEMA 4: PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS

Mario Valencia Cuesta

Geólogo

AGUAS SUBTERRÁNEAS LTDA.

aguassubterraneas@gmail.com

www.aguassub.com



INTRODUCCION A LAS AGUAS SUBTERRANEAS



2010

TEMA 4:

LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS

CONTENIDO:

- 1. Flujo Subterráneo hacia un Pozo**
- 2. El Cono de Depresión**
- 3. Propiedades Hidráulicas de un Pozo**
- 4. Propiedades Hidráulicas de un Acuífero**
- 5. Ley de Darcy**
- 6. Capacidad Específica**
- 7. Transmisividad**
- 8. Coeficiente de Almacenamiento**
- 9. Radio de influencia**

Distribución del Flujo Subterráneo hacia un pozo de Bombeo de Aguas Subterráneas

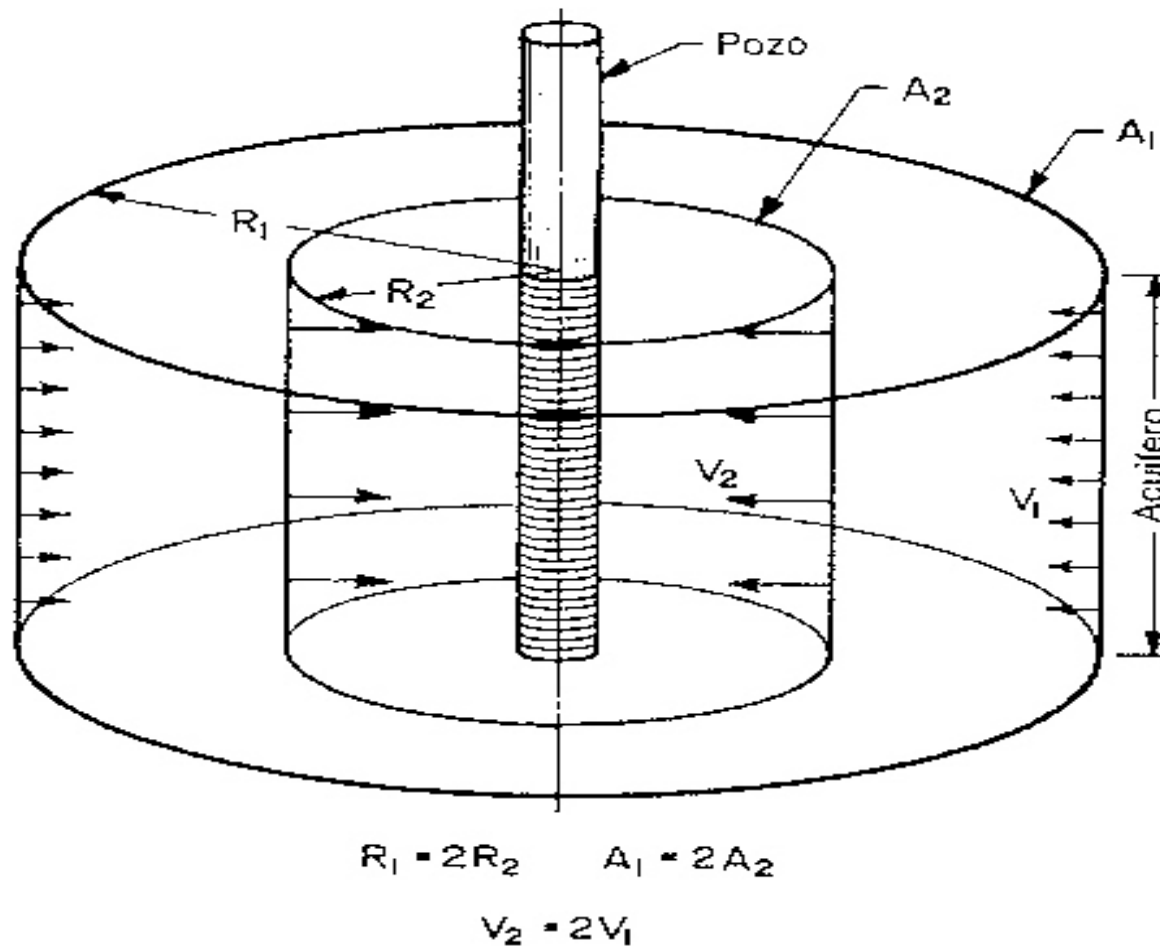
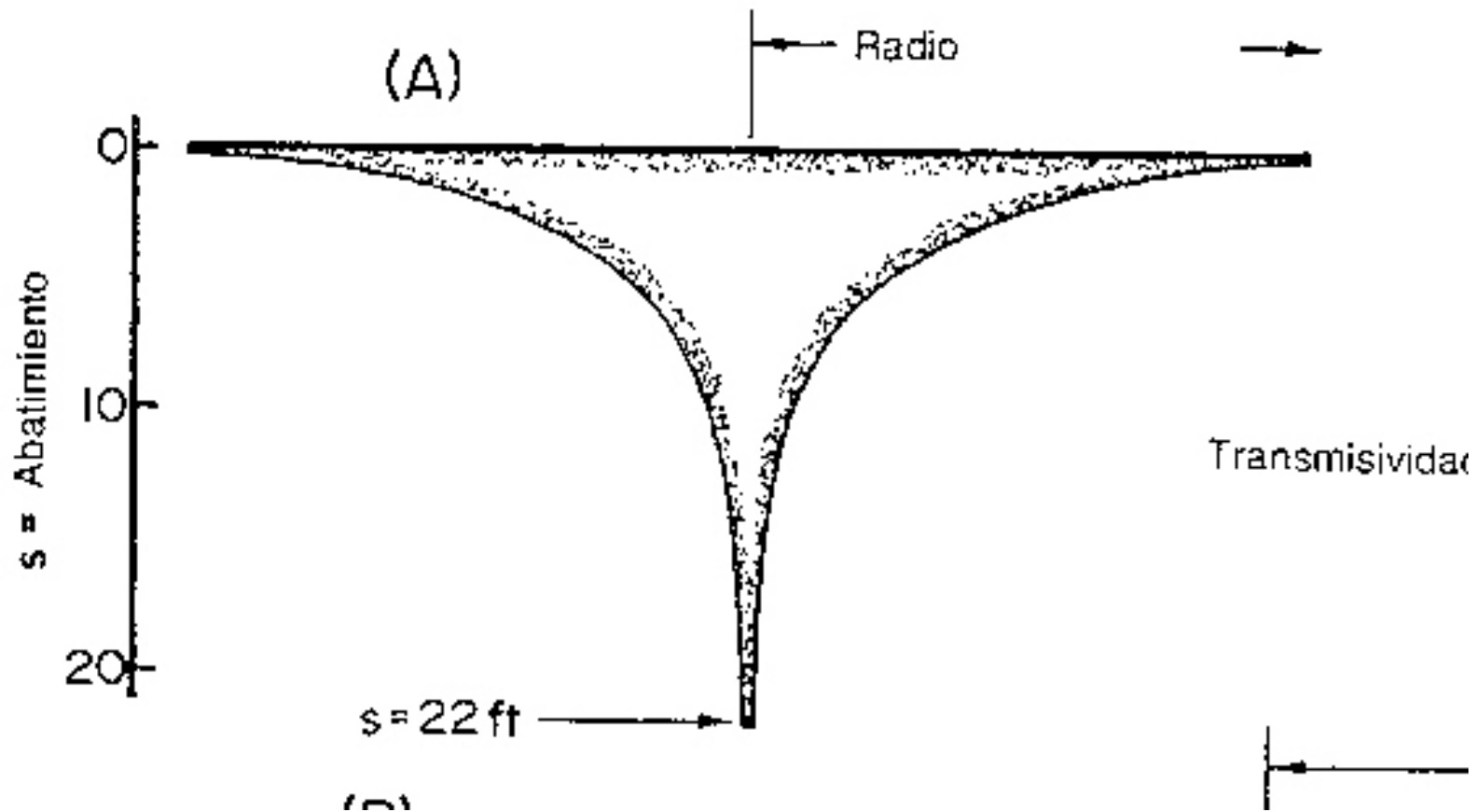


Fig. 65: El flujo converge hacia el pozo, pasando a través de superficies cilíndricas imaginarias que van siendo menores conforme se aproximan a aquél.

HIDROGEOLOGÍA BÁSICA

Cono de Depresión o Cono de Deyección Geometría del flujo de agua en un pozo de bombeo



HIDROGEOLOGÍA BÁSICA

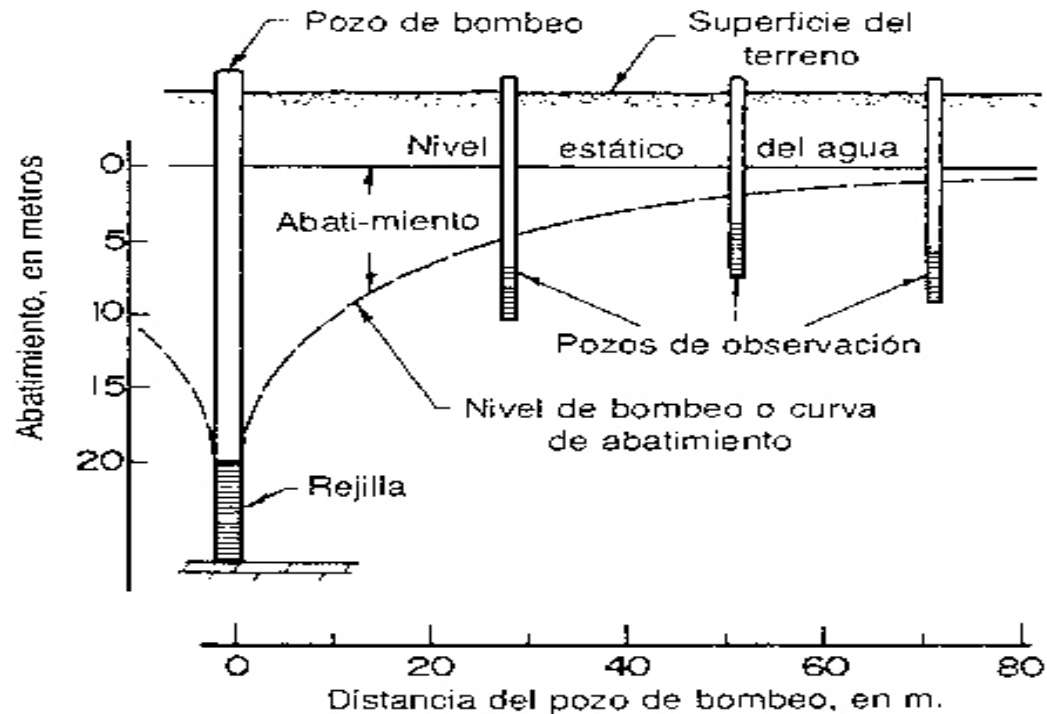


Fig. 67: Traza de la mitad del cono de depresión, mostrando la variación del abatimiento con la distancia al pozo de bombeo.

$$V = k * i,$$
$$Q = V * A$$

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN POZO

1. **NE** = Nivel Estático
2. **Q** = Caudal
3. **ND** = Nivel Dinámico
4. **Ab** = Abatimiento
5. **CE** = Capacidad Específica

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN POZO

1. **Nivel Estático:** El Nivel del Agua Subterránea en reposo
(cuando el pozo no se bombea)
2. **Caudal:** Volumen de Agua Extraída en la Unidad de Tiempo
3. **Nivel Dinámico:** Nivel del Agua subterránea durante el bombeo del pozo
4. **Abatimiento**
5. **Capacidad Específica**

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN POZO

1. Nivel Estático:
2. Caudal:
3. Nivel Dinámico:
4. Abatimiento: Diferencia entre el Nivel Dinámico y el Nivel Estático
5. Capacidad Específica: Relación entre el Caudal y el Abatimiento

UNIDADES DE MEDIDA DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN POZO

NE = Nivel Estático (metros, pies)

Q = Caudal (Litros/Seg, Gal/min, M3/hora)

NB = Nivel Dinámico (Metros, pies)

Ab = Abatimiento (Metros, pies)

CE = Capacidad Específica (Litros por
Segundo por metro, GPM/m, M3PH/m)

Cálculo de la CAPACIDAD ESPECÍFICA de un pozo

$$CE = Q/Ab$$

Q = Caudal (Litros por Segundo)

NE = Nivel Estático (Metros)

NB = Nivel Dinámico (Metros)

Ab = Abatimiento (Metros)

CE = Capacidad Específica (Litros por Segundo por metro)

NE = 20 Metros

NB = 30 Metros

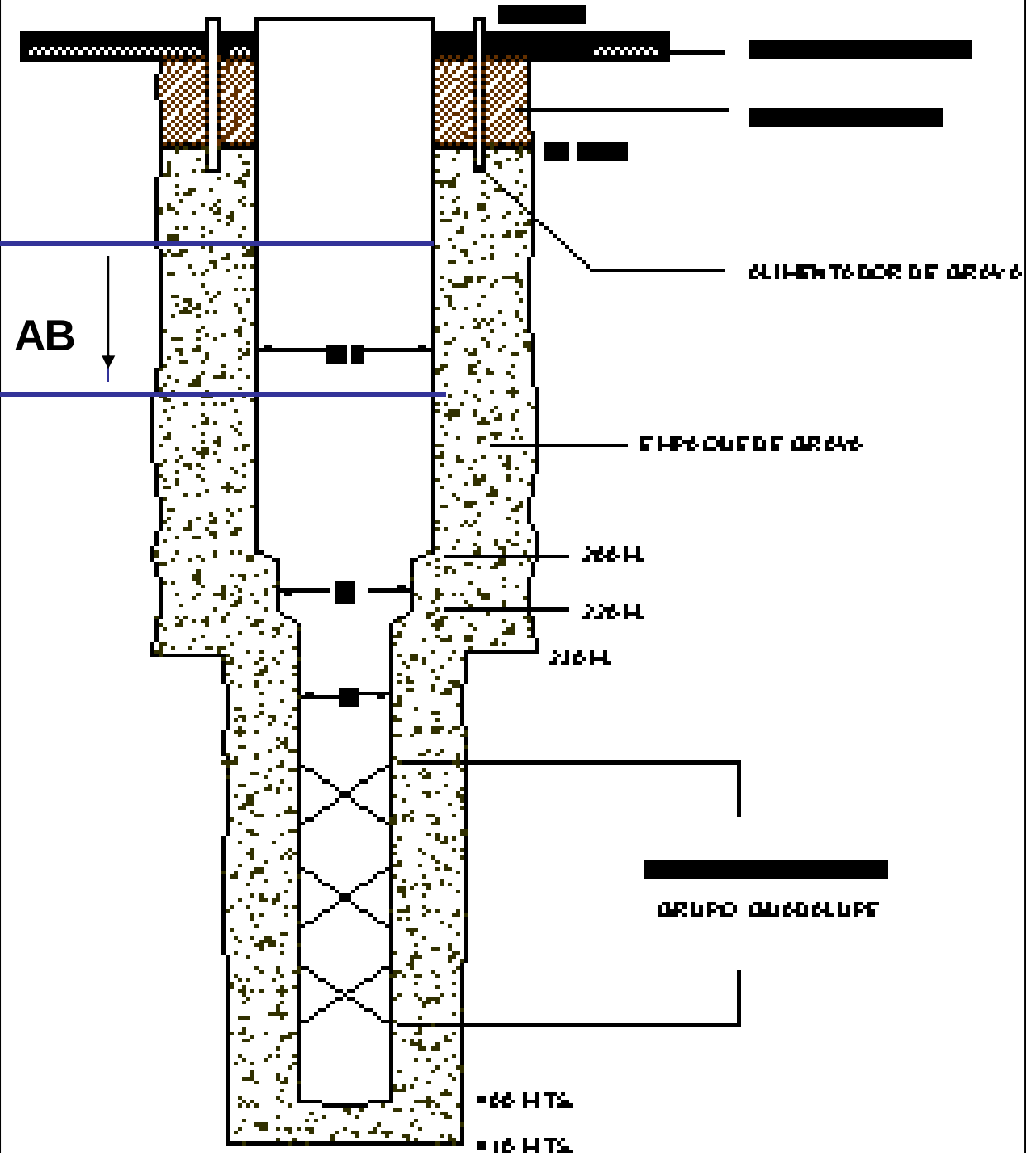
Abatimiento = AB

AB = 10 Metros

Q = 30 LPS

CE = $30/10 =$

CE = 3 LPS/metro



HOJA DE VIDA DE UN POZO

MEDIDAS DEL CAUDAL Y DEL NIVEL DEL AGUA,

Para

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ESPECÍFICA



Ejemplos:
SONDA ELÉCTRICA,
AFORO EN BALDE



POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

HOJA DE VIDA DE UN POZO

- . Diseño
- . Perfil Litológico
- . Nivel Estático
- . Caudal
- . Nivel Dinámico
- . Abatimiento
- . Capacidad Específica
- . Equipo de Bombeo
- . Calidad del Agua



PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN ACUÍFERO

1. Ley de Darcy
2. **T** = Transmisividad
3. **K** = Conductividad Hidráulica
4. **S** = Coeficiente de Almacenamiento
5. **R** = Radio de Influencia

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO

LEY DE DARCY

El movimiento del agua en el interior de los materiales geológicos se mide con la Ley de Darcy:

"La velocidad de un fluido en un medio poroso depende del Coeficiente de Permeabilidad y del Gradiente Hidráulico".

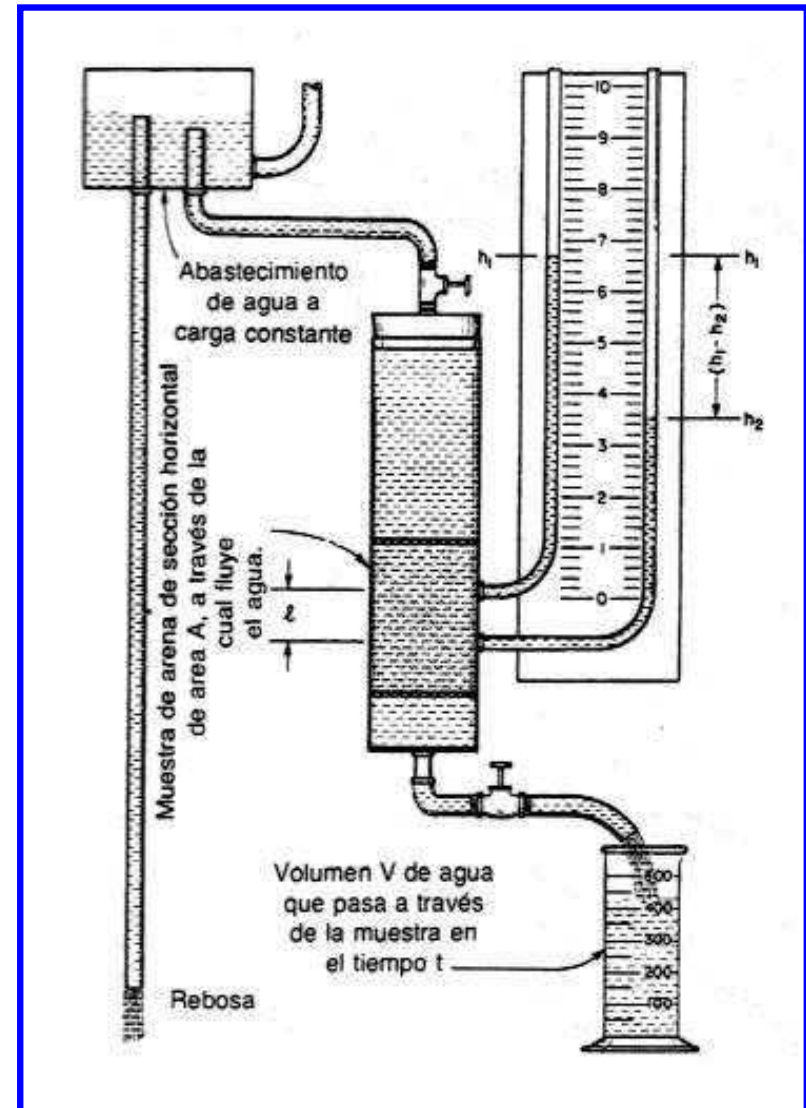
HIDRÁULICA DEL ACUÍFERO

LEY DE DARCY

La velocidad de un fluido en un medio poroso depende del Coeficiente de Permeabilidad y del Gradiente Hidráulico. $V = k \cdot i$

$i = \text{Gradiente Hidráulico} = h_1 - h_2 / L$

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta i$$



HIDROGEOLOGÍA BÁSICA



LEY DE DARCY

$$V = k \cdot i$$

$$Q = V \cdot A$$

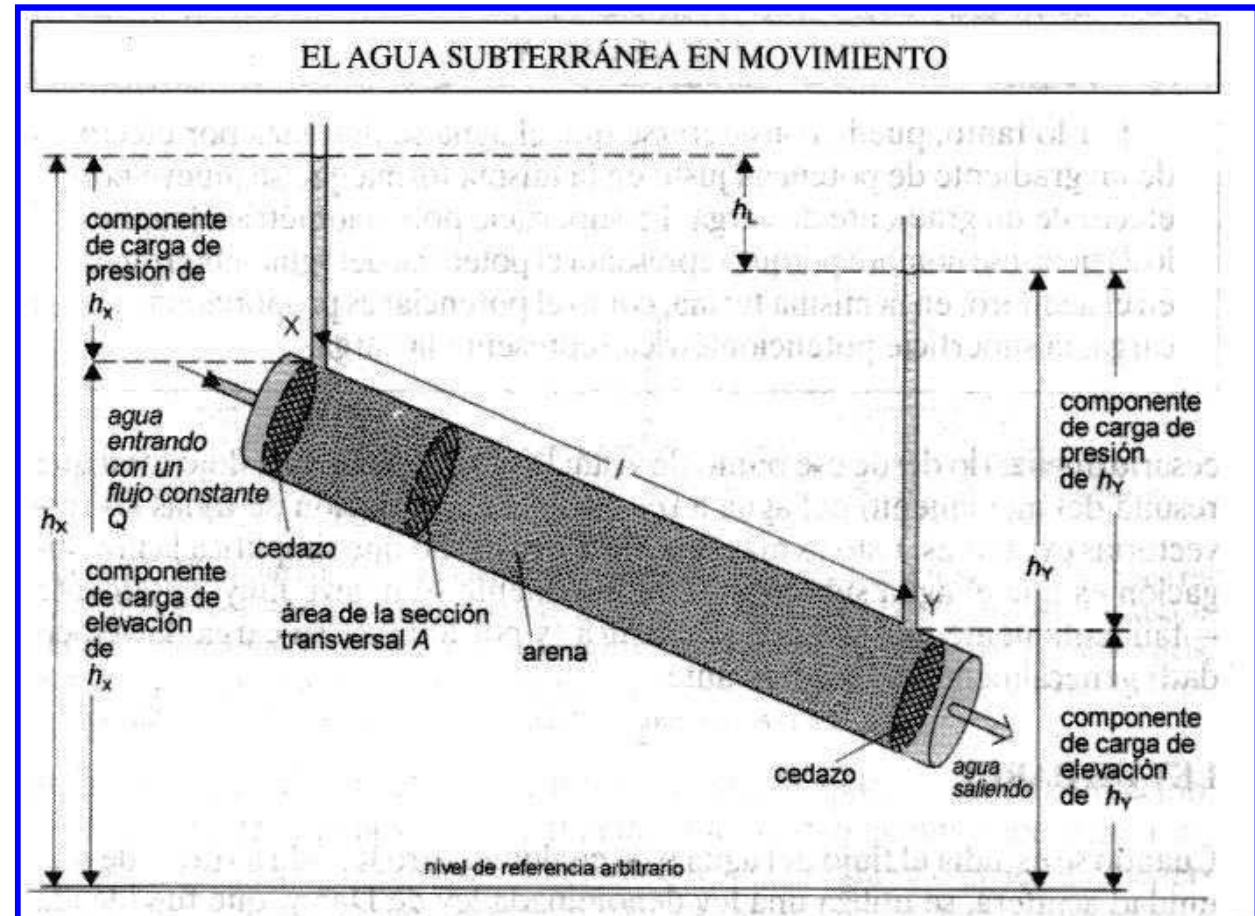
$$Q = k \cdot A \cdot \Delta i$$

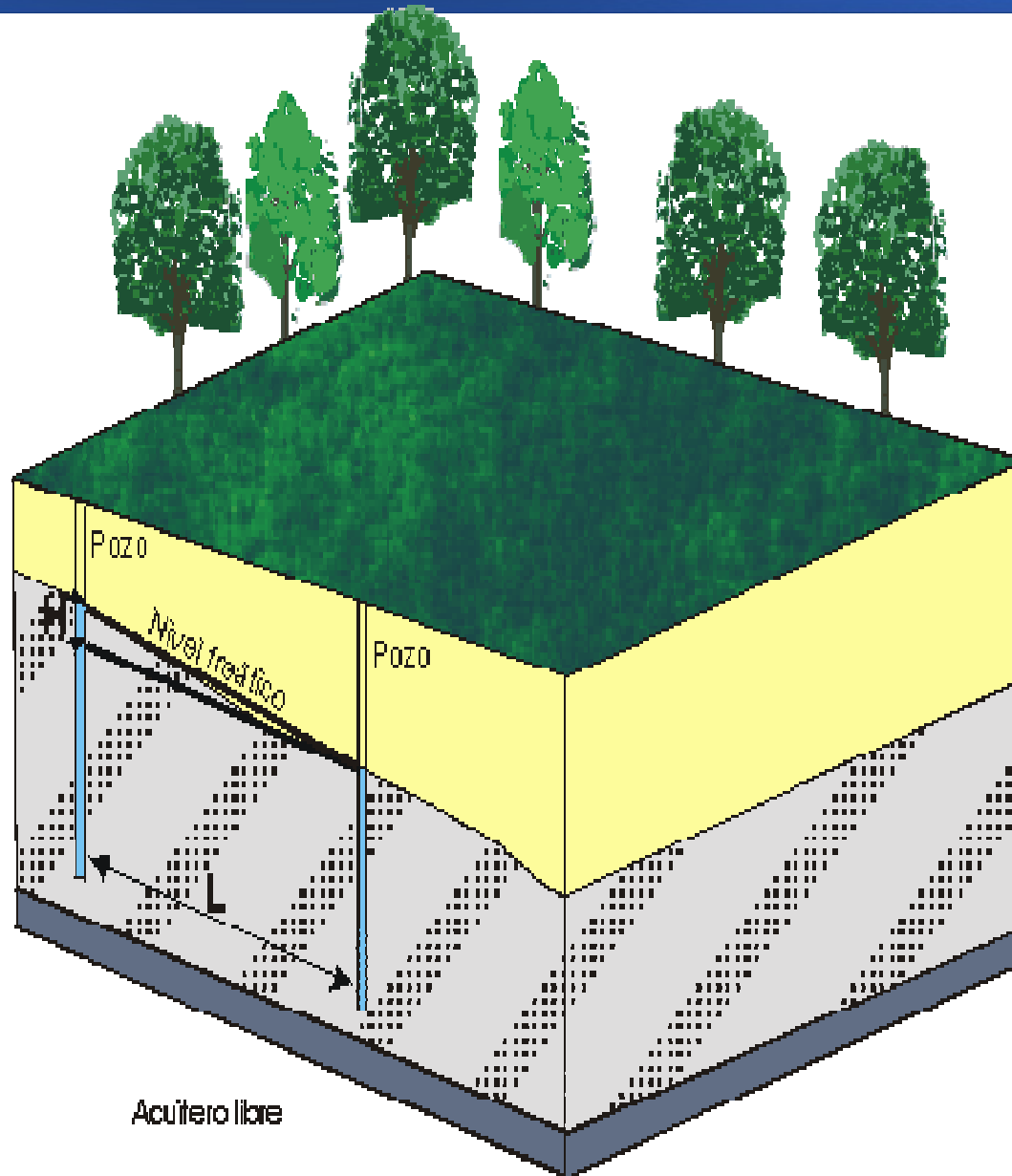
Q = Caudal = (vol / tiempo)

V = Velocidad = espacio/ tiempo)

A = Area = (lado * lado)

i = Gradiente Hidráulico = $h_1 - h_2 / L$





LEY DE DARCY

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta i$$

Q = caudal que pasa a través de una sección del acuífero

k = permeabilidad

A = área de la sección de acuífero considerada

Δi = gradiente o **potencial hidráulico**
i = Gradiente Hidráulico
Hidráulico = $h_1 - h_2 / L$

$\Delta i = H/L$ (ver dibujo)

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN ACUÍFERO

1. **T** = Transmisividad
2. **S** = Coeficiente de Almacenamiento
3. **R** = Radio de Influencia

TRANSMISIVIDAD (T):

Es la cantidad de agua que transmite un acuífero a través de todo el espesor saturado, en una unidad de superficie por unidad de tiempo (t).

Depende de la permeabilidad.

$$T = k * (t)$$

Depende del Espesor del Acuífero (h).

$$T = k * h$$

HIDROGEOLOGÍA BÁSICA

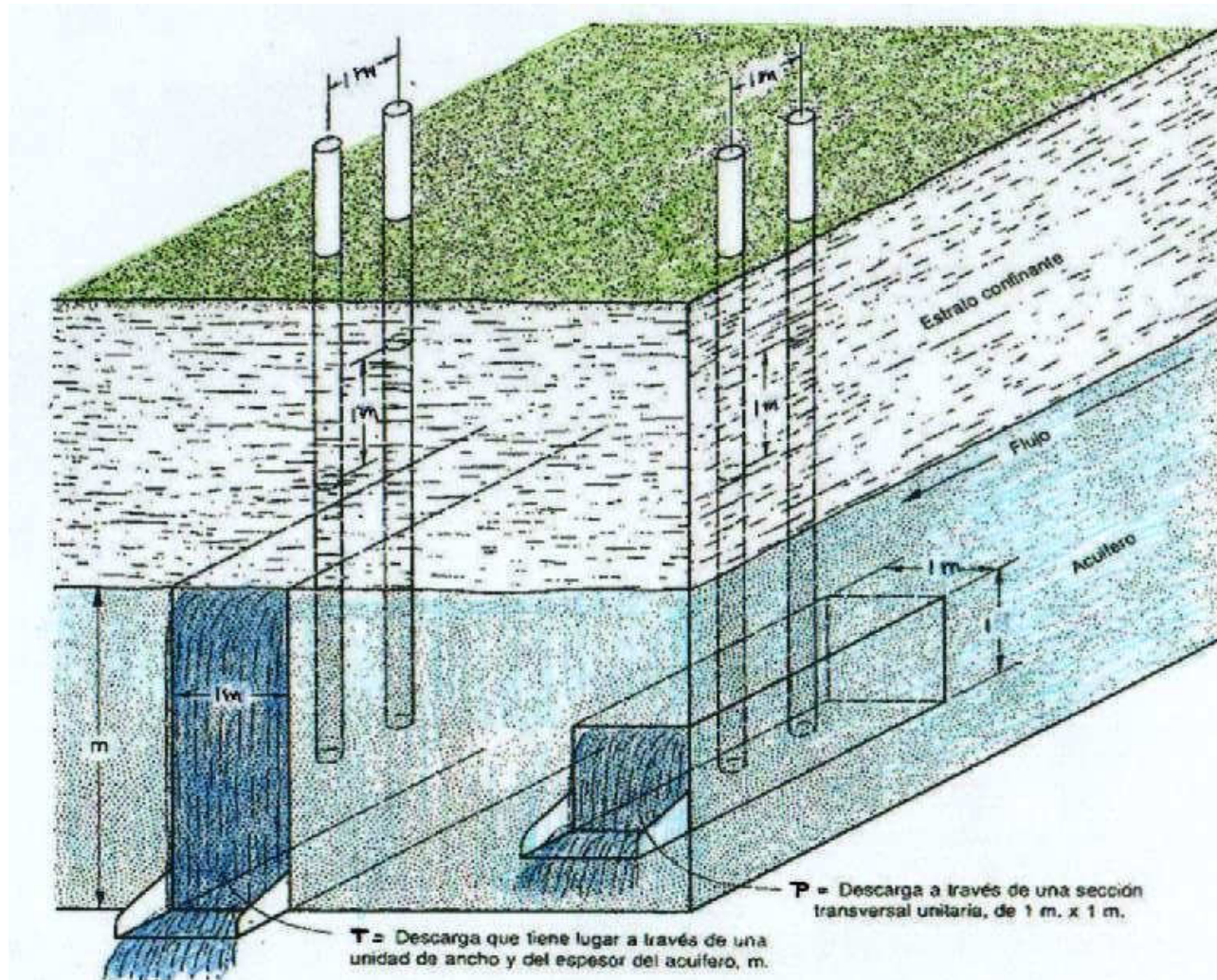


Fig. 68: Conceptos gráficos de los coeficientes de permeabilidad y transmisividad. El coeficiente de permeabilidad, multiplicado por el espesor del acuífero es igual al coeficiente de transmisividad.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S):

Es la cantidad de agua que puede ser extraída del almacenamiento en un acuífero, con un descenso unitario de la carga hidráulica.

Depende de la porosidad efectiva.

$$S = (p)$$



PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE UN ACUÍFERO

Ecuación de Theis (simplificada):

$$Ab = 15.8 * Q/T * \log (2.25 * T * t) / r^2 * S$$

Ab = Abatimiento (metros)

Q = Caudal (litros/segundo)

T = Transmisividad (m²/día)

t = tiempo de bombeo (días)

S = Coeficiente de Almacenamiento ... (m³/m³)

RADIO DE INFLUENCIA (R):

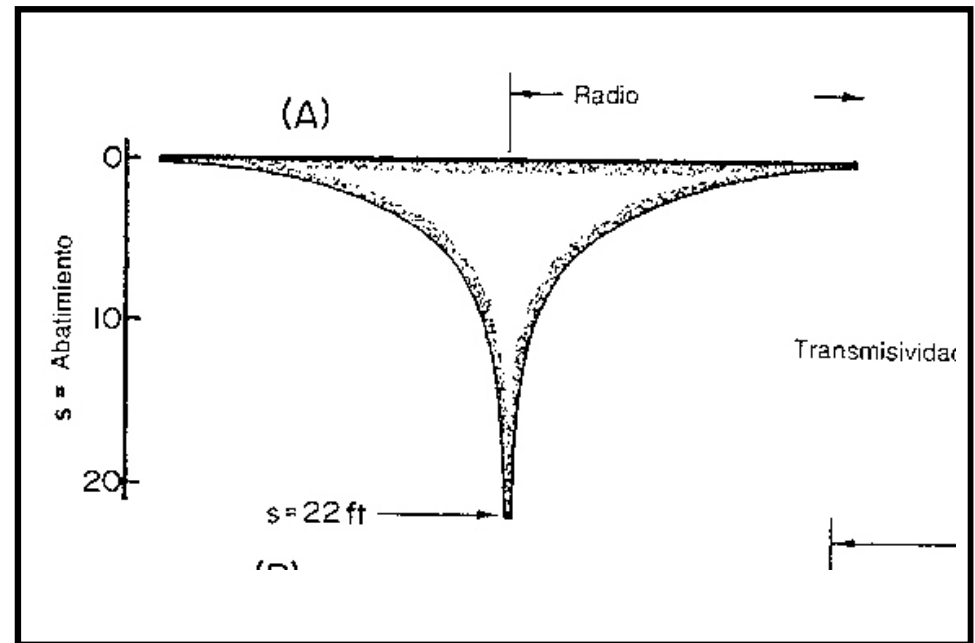
Es la distancia que alcanza el Cono de Depresión en el acuífero, cuando se bombea un pozo durante un tiempo (t) determinado.

Depende de la Transmisividad y del Coeficiente de Almacenamiento.

$$R = (f)(T) \text{ y } (S)$$

Ecuación de Theis:

$$Ab = 15.8 * Q/T * \log (2.25 * T * t) / r^2 * S$$



CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA HORIZONTAL DE ACUÍFEROS

Table 1. Ranges of horizontal hydraulic conductivity of geologic material
[All values are feet per day]

Geologic Material	Extreme Minimum	Likely Minimum	Likely Maximum	Extreme Maximum
Unconsolidated Sedimentary Rock				
Gravel ^{1,5}	90	300	3000	3000
Sand and Gravel Mixes ¹	1	30	300	300
Coarse Sand ¹	50	70	300	300
Medium Sand ^{1,5}	1	20	70	200
Fine Sand ^{1,5}	0.05	3	20	20
Gulf Coast Aquifer Systems (6603 values) ²	2	30	200	800
Stream Terrace Deposit, Fort Worth, Texas (59 values) ³	0.01	1	100	300
Artificial Aquifer, central Florida (fine sand and silt values) ⁴	0.01	0.1	30	50
Silt, Loess ⁵	0.0003	0.001	0.1	6
Clay ^{1,5}	0.0000003	0.003	0.3	0.6
Clay soils (surface) ¹	0.01	0.01	1	1
Clay ^{5,7}	1.00E-06	1.00E-05	1.00E-04	1.00E-03
Carbonate Rocks				
Unweathered Marine Clay ⁵	2.00E-07	2.00E-07	0.0006	0.0006
Marl ^{4,5,8}	0.3	10	1,000	10,000
Shale Limestone ⁵	0.3	10	1,000	6,000
Dolomite, Dolomite ⁵	0.0003	0.004	0.1	2
Consolidated Sedimentary Rock				
Medium-Grained Sandstone ^{6,9}	0.001	1	10	80
Fine-Grained Sandstone ^{1,6}	0.0001	0.001	1	6
Siltstone ⁶	0.000001	0.00001	0.005	0.04
Shale ^{6,7,10}	3.00E-09	1.00E-06	1.00E-05	3.00E-05
Slate ⁷	1.00E-08	1.00E-07	1.00E-04	1
Hydrite ⁵	1.00E-07	1.00E-07	0.006	0.006
Metamorphic or Volcanic Rock				
Permeable Basalt ⁵	0.1	1	100	6000
Basalt ⁵	0	0.03	0.1	0.1
Fractured Igneous and Metamorphic Rock ¹	0.001	0.05	10	100
Fractured Igneous and Metamorphic Rock ^{1,5}	0	1E-8	0.00006	0.00006
Weathered Granite ⁶	0.1	1	10	20
Weathered Gabbro ⁶	0.1	0.1	1	1

Lower, 1978 (order of magnitude in meter/day)
 Rudic, 1991
 Sonia A. Jones, USGS, Written commun., 1998
 Log Test Results 1998-2001, Orlando Subdistrict, USGS
 Domenico and Schwartz, 1990
 Morris and Johnson, 1967
 Wolff, 1982
 Reese and Cunningham, 2000
 Kuniansky and Hamrick, 1998
 Neuzil, 1994

Cifras
Tope

PRODUCCIONES DE ACUÍFEROS

Table 1.2.1
Hydrogeologic Characteristics of Typical Aquifers and
Life Expectancy of Wells Penetrating Such Aquifers*

	(1)	(2)	(3)			(4)			(5)
	Range of Transmissivity	Maximum Well Yield	Domestic	Irrigation	Municipal	Domestic	Irrigation	Municipal	Well Depth
1. Unconsolidated Alluvial	10,000-1,000,000	200-2,000	20-30	2-3	2-10	40-50	5-10	30-40	30-1,500
2. Semiconsolidated Sedimentary	1,000-100,000	100-1,000	20-30	3-5	3-12	40-50	5-12	30-50	100-1,500
3. Consolidated Sedimentary									
a. Sandstone	200-10,000	25-200	15-20	1-3	6-10	30-35	12-17	30-35	200-2,000
b. Carbonate	50-100,000	0-1,000	10-15	1-5	4-6	20-30	5-15	20-30	200-2,000
c. Shale	50-1,000	0-10	10-12	2-3	—	20-25	5-10	—	30-300
4. Consolidated Crystalline									
a. Granitic rock	50-1,000	0-25	20-30	10-30	15-30	50+	50+	50-100	50-200
b. Metamorphic rock	50-1,000	0-25	20-30	10-30	15-30	50+	50+	50-100	50-200
c. Basaltic rock	0-100,000	0-1,000	20-30	10-30	15-30	50+	50+	50-100	50-500

(1) Typical ranges of transmissivity, gpd/ft.

(2) Typical ranges of maximum yield, gpm.

(3) Useful life ranges without maintenance, yrs.

(4) Useful life ranges with maintenance, yrs.

(5) Typical ranges of well depth, ft.

*Based on cross-section of known industry circumstances. Includes typical ranges for both properly and poorly designed wells.

POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS



POZO PROFUNDO



RIESGOS PARA LOS ACUÍFEROS:

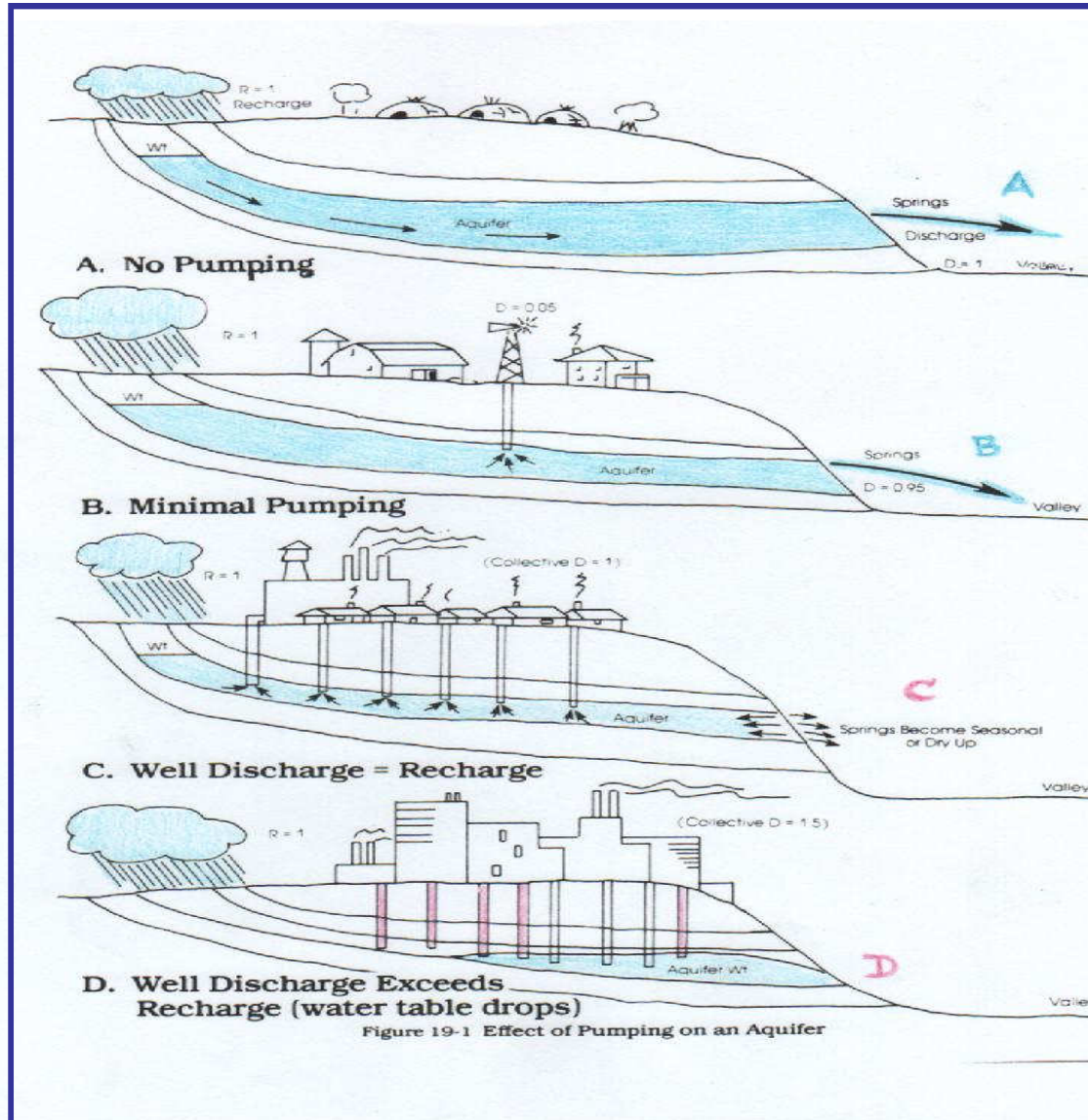
Imagine la influencia del agua salada en los acuíferos continentales



RIESGOS PARA LOS ACUÍFEROS:

1. Sobreexplotación
2. Contaminación

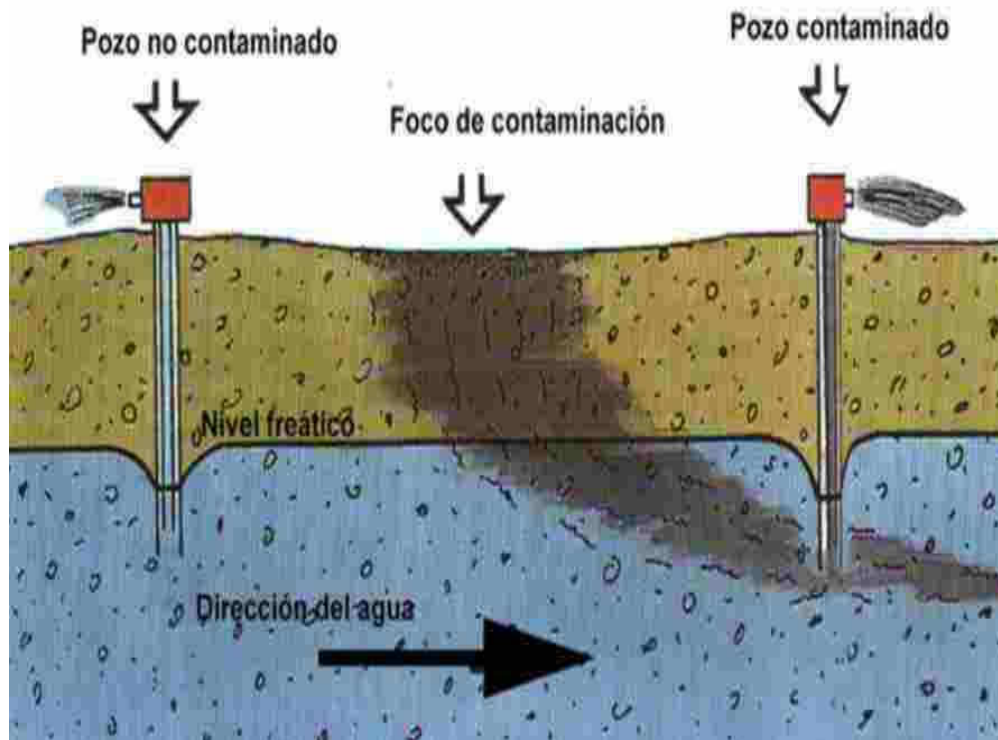
RIESGOS PARA LOS ACUÍFEROS:



1. Sobreexplotación



Riesgos: 2. CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS



Si se produce la **contaminación**, esta se desplaza siguiendo la **dirección del flujo natural** del agua subterránea, pudiendo contaminar pozos o manantiales que se encuentren en su recorrido.

Hay que tener presente siempre la dirección del flujo del agua



**Algunas de las sustancias Contaminantes
que pueden ser transportadas por los acuíferos son:**

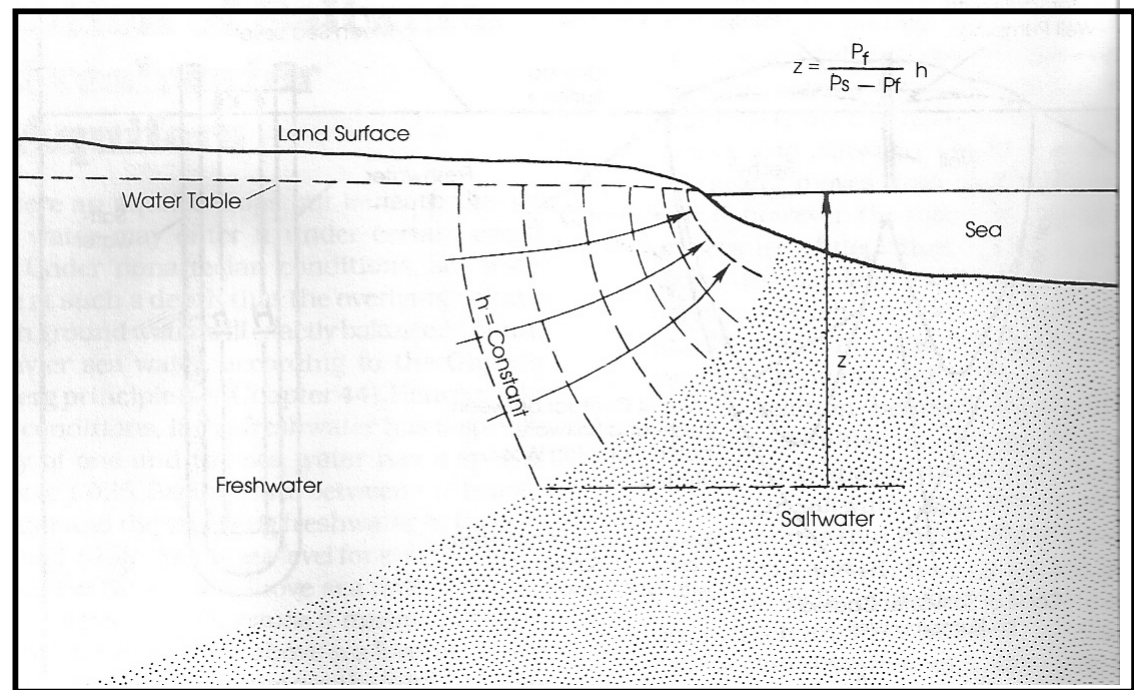
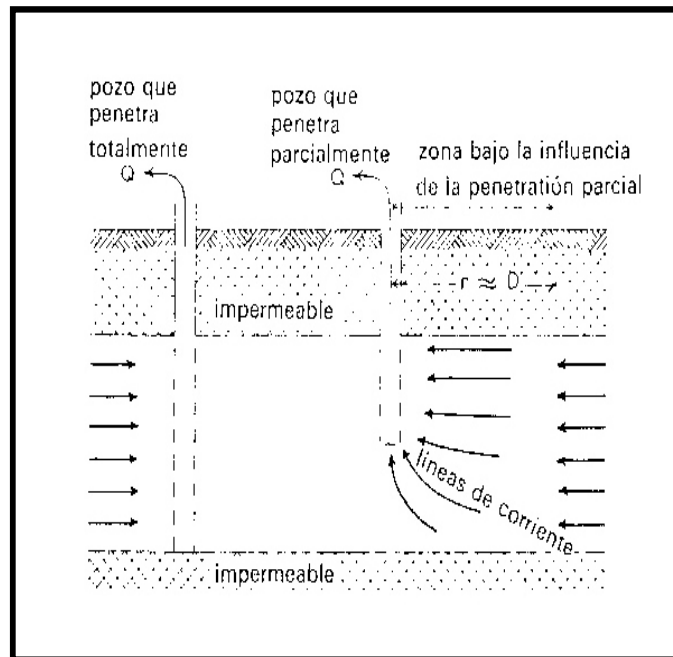
1. Derivados del petróleo
2. Compuestos de metales
3. Abonos y fertilizantes
4. Sustancias corrosivas
5. Pesticidas
6. Pinturas Disolventes y colorantes
7. Detergentes
8. Otros Productos Industriales
9. Compuestos Farmacéuticos

HIDROGEOLOGÍA BÁSICA



Riesgo 3: INTRUSIÓN SALINA EN ZONAS COSTERAS

Se define por la relación de Pesos Específicos entre el agua dulce (liviana) y el agua salada (pesada)



HIDROGEOLOGÍA BÁSICA

Agua dulce

Agua salada



CURSO DE INTRODUCCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRANEAS

2010

TEMA 4: PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS

Mario Valencia Cuesta

Geólogo

AGUAS SUBTERRÁNEAS LTDA.

aguassubterraneas@gmail.com

www.aguassub.com

