



Universidad de  
**los Andes**

---

**Entrega 0**

**Metodos Computacionales en OOCC, IOC**

**4201**

---

**Profesor:** Patricio Moreno

**Ayudante:** Maximiliano Biasi

**Alumno:** Bernardo Caprile Canala-Echevarría

**15 de septiembre de 2024**

# Índice

<b>I Entrega 0</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Resultados</b>	<b>3</b>
2.1. Redes de flujo . . . . .	3
2.2. Caudales de infiltración . . . . .	3
2.3. Presión de poros . . . . .	4
2.4. Presiones netas en la ataguía . . . . .	6
2.5. Máximo gradiente hidráulico . . . . .	7
2.6. Falla por licuefacción . . . . .	8
2.7. Factor de seguridad . . . . .	9
<b>3. Conclusiones</b>	<b>10</b>

# Entrega 0

## 1. Introducción

Para obras en las que se debe construir a nivel subacuático o con un nivel freático alto, es necesario el uso de ataguías. Estas estructuras temporales permiten construir de forma segura y eficiente en condiciones de humedad. Es importante, antes de instalar las ataguías, tener conocimiento de la profundidad a la que se van a hundir, la presión que se va a contener, tanto del agua como de otros factores, y la cantidad de agua que se va a bombear. De lo contrario, se pondría en riesgo la vida de los trabajadores y la maquinaria.

Por ello, en esta entrega se presentarán esquemas de redes de flujo, caudales de infiltración, presiones de poros y netas en ataguía, gradientes hidráulicos máximos, determinar si falla por licuefacción y calcular un factor de seguridad, de tres casos distintos de ataguías de tablaestaca. A continuación, se presenta una figura esquemática de la ataguía de tablaestaca que se analizará en esta entrega:

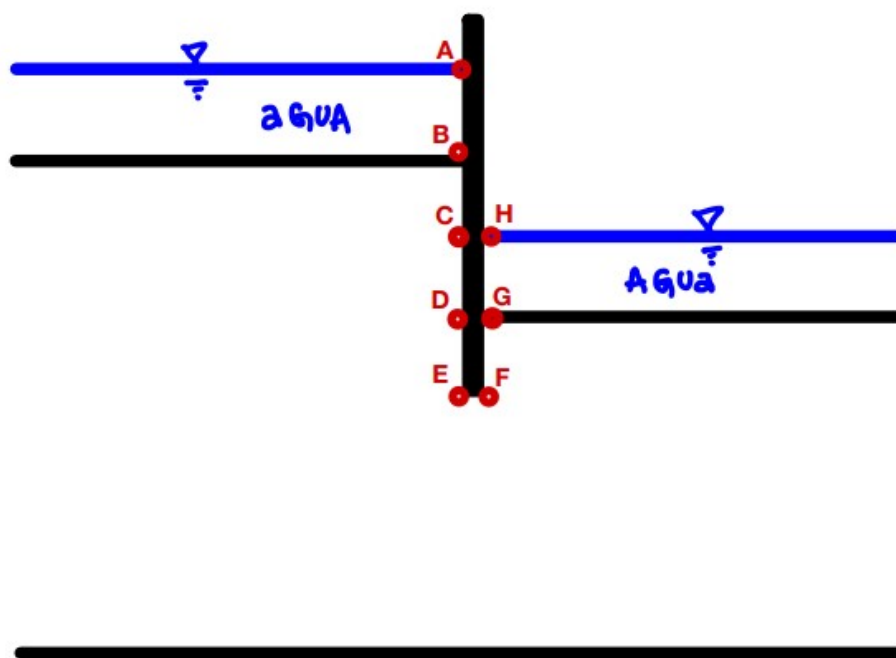


Figura 1: Esquema de la ataguía de tablaestaca

Cabe mencionar que todos los cálculos se realizaron se encuentran en el archivo Excel del siguiente enlace: [Cálculos](#)

## 2. Resultados

### 2.1. Redes de flujo

A continuación, se muestran los esquemas de las redes de flujo de las 3 ataguías. Los esquemas a escala se pueden encontrar en el siguiente link: [Esquemas ataguías](#).

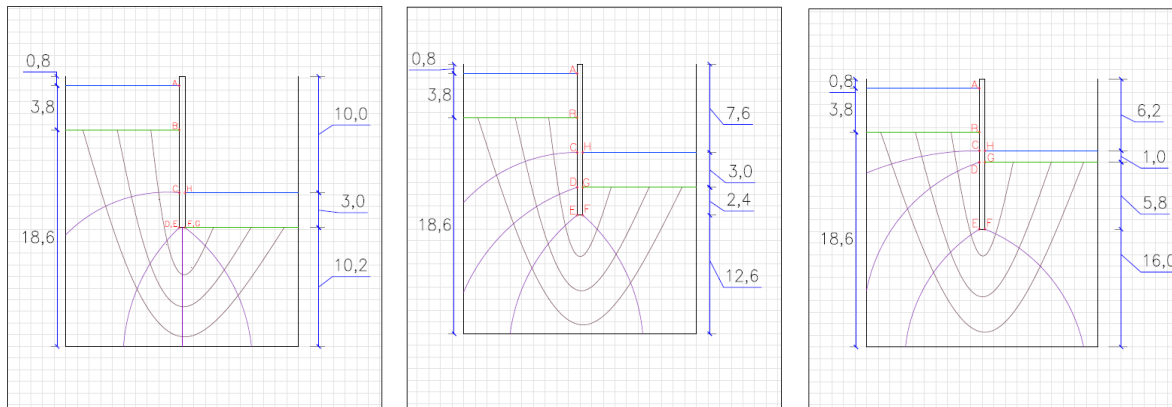


Figura 2: Ataguía con el caso 1    Figura 3: Ataguía con el caso 2    Figura 4: Ataguía con el caso 3

Como se puede apreciar en la figura 2, la tablaestaca no está enterrada, mientras que en la figura 3 la tablaestaca está enterrada a una profundidad de 2.4 metros. Por último, en la figura 4, la tablaestaca está enterrada a una profundidad de 5.8 metros.

En cada esquema se utilizaron 3 líneas de flujo y 6 líneas equipotenciales. Esto corresponde a lo siguiente:

Número de canales de flujo ( $N_f$ )	4
Número de canales equipotenciales ( $N_d$ )	5

Cuadro 1: Número de canales de flujo y equipotenciales

### 2.2. Caudales de infiltración

Para poder calcular los caudales de infiltración, se ocupó la ley de Darcy, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$q = k \cdot \Delta H \cdot \frac{N_f}{N_d} \cdot 86400 \quad (1)$$

Donde:

- $q$ : Caudal de infiltración (m/s)
- $k$ : Coeficiente de permeabilidad
- $\Delta H$ : Diferencia de altura entre dos líneas equipotenciales (m)

Los caudales de infiltración para cada caso se presentan en la siguiente tabla:

Caso	$\Delta H$ (m)	Caudal de infiltración ( $m^3/dia$ )
1	9.2	43.87
2	6.8	32.43
3	5.4	25.75

Cuadro 2: Caudales de infiltración

Como se puede apreciar en la tabla 2, el caudal de infiltración disminuye a medida que la tablaestaca se entierra más y la diferencia de altura va disminuyendo. Sin embrago, estos valores dan cuenta de la importancia de calcular el caudal de infiltración para la correcta utilización de bombas. Ya que, si no se calcula correctamente, se podría inundar la obra con la maquinaria y trabajadores dentro.

### 2.3. Presión de poros

Para calcular la presión de poros, se utilizó el siguiente procedimiento:

Lo primero es fijar una una cota de referencia, esta se puso en la base inferior del esquema, para poder tener la energía geodésica de cada punto, a este valor lo denominaremos ( $z_g$ ). Luego, a cada punto se le asigna un ( $n_i$ ) este valor representa en que línea equipontecial se encuentra el punto. Cabe mencionar que el punto A y H no cuentan con una línea equipontencial. Posteriormente, se calcula la energía total en cada punto con la siguiente fórmula:

$$H_i = H_0 - \frac{\Delta H}{n_p} \cdot n_i \quad (2)$$

Donde:

- $H_i$ : Energía total en el punto i (m)
- $H_0$ : Energía total en la cota de referencia (m)
- $\Delta H$ : Diferencia de altura entre dos líneas equipotenciales (m)
- $n_p$ : Número de canales equipotenciales
- $n_i$ : Número de la línea equipotencial en la que se encuentra el punto i

Finalmente, se calcula la presión de poros con la siguiente fórmula:

$$u_i = (H_i - z_g) \cdot \frac{\gamma_w}{1000} \quad (3)$$

Donde:

- $u_i$ : Presión de poros en el punto i (kPa)
- $\gamma_w$ : Peso específico del agua ( $N/m^3$ )

A continuación, se presentan las presiones de poros para cada caso:

Punto	Altura geodésica (m)	$n_i$	$H_i$	Presión de poros (kPa)
A	22.4	-	-	0
B	18.6	0	22.4	37.278
C	13.2	1	10.56	72.20
D	10.2	2	18.72	83.58
E	10.2	3	16.88	65.53
F	10.2	4	15.04	47.48
G	10.2	5	13.02	29.43
H	13.2	-	-	0

Cuadro 3: Presiones de poros en el caso 1

Punto	Altura geodésica (m)	$n_i$	$H_i$	Presión de poros (kPa)
A	22,4	-	-	0
B	18,6	0	22,4	37,278
C	15,6	1	21,04	53,3664
D	12,6	2	19,68	69,4548
E	10,2	3	18,32	79,6572
F	10,2	4	16,96	66,3156
G	12,6	5	15,6	29,43
H	15,6	-	-	0

Cuadro 4: Presiones de poros en el caso 2

Punto	Altura geodésica (m)	$n_i$	$H_i$	Presión de poros (kPa)
A	22,4	-	-	0
B	18,6	0	22,4	37,278
C	17	1	21,32	42,3792
D	16	2	20,24	41,5944
E	10,2	3	19,16	87,8976
F	10,2	4	18,08	77,3028
G	16	5	17	9,81
H	17	-	-	0

Cuadro 5: Presiones de poros en el caso 3

Lo que es importante ver es la diferencia de presión de poros entre los puntos A y G, ya que, dependiendo esta diferencia la infiltración influye en el caudal de infiltración. Como se puede observar, en la tabla 3 la presión en G es de 29.43 kPa, mientras que en la tabla 4 es de 29.43 kPa y en la tabla 5 es de 9.81 kPa. Esto se debe a que en el caso 1 y 2 la altura del agua es la misma y en el caso 3 la tablaestaca está más enterrada, lo que disminuye la presión de poros en el punto G.

## 2.4. Presiones netas en la ataguía

Para calcular las presiones netas en la ataguía, se restan las presiones que están en la misma altura, quedando la siguiente tabla:

Caso	Presión neta en la ataguía (kPa)
A	0
B	37.278
C	72.2
D-E	54.15
F-G	18.05

Cuadro 6: Presiones netas en la ataguía caso 1

Caso	Presión neta en la ataguía (kPa)
A	0
B	37.278
C	53.36
D-E	40.02
F-G	13.34

Cuadro 7: Presiones netas en la ataguía caso 2

Caso	Presión neta en la ataguía (kPa)
A	0
B	37.278
C	42.38
D-E	31.78
F-G	10.59

Cuadro 8: Presiones netas en la ataguía caso 3

Al graficar la información de las tablas 6, 7 y 8, se obtienen los siguientes gráficos:

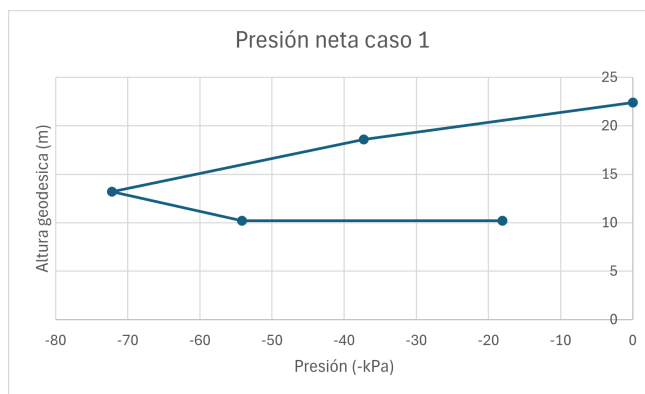


Figura 5: Presión neta en la ataguía caso 1

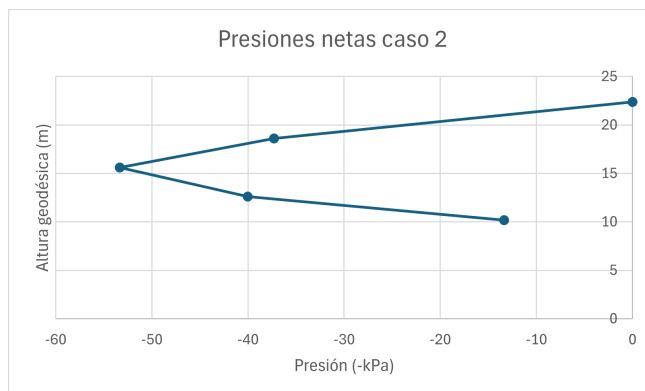


Figura 6: Presión neta en la ataguía caso 12

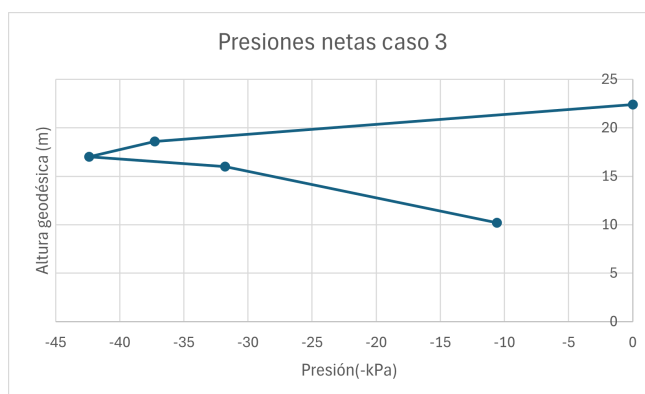


Figura 7: Presión neta en la ataguía caso 3

Con las presiones netas se puede ver como la presión neta disminuye de forma significativa a medida que la tablaestaca se entierra más. Esto hace que la tablaestaca sea más estable y no se desplace por la presión del agua. Además, se puede observar que el punto crítico en términos de presión es el punto C es el más crítico, ya que ahí es donde empieza el agua a ejercer presión por dentro en la tablaestaca.

## 2.5. Máximo gradiente hidráulico

Para calcular el máximo gradiente hidráulico, se utilizó la siguiente fórmula:

$$i_{max} = \frac{\Delta H}{L_{min}} \quad (4)$$

Donde:

- $i_{max}$ : Máximo gradiente hidráulico
- $\Delta H$ : Diferencia de altura entre dos líneas equipotenciales (m)
- $L_{min}$ : Distancia mínima entre dos líneas de flujo (m)

Como se puede observar en la tabla 9, el máximo gradiente hidráulico disminuye a medida que la tablaestaca se entierra más. Esto se debe a que la distancia entre las líneas de flujo aumenta junto



Caso	Máximo gradiente hidráulico
1	1.095
2	0.63
3	0.38

Cuadro 9: Máximo gradiente hidráulico

con que la diferencia de altura del agua va disminuyendo, lo que hace que el gradiente hidráulico sea menor.

## 2.6. Falla por licuefacción

Para determinar si la tablaestaca falla por licuefacción, se calculó el gradiente hidráulico crítico con la siguiente fórmula:

$$i_{crit} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} \quad (5)$$

Donde:

- $i_{crit}$ : Gradiente hidráulico crítico
- $\gamma_{sat}$ : Peso específico saturado del suelo ( $N/m^3$ )
- $\gamma_w$ : Peso específico del agua ( $N/m^3$ )

Luego, si este valor, que es constante para todos los casos, es menor al gradiente hidráulico máximo de cada caso se puede afirmar que la tablaestaca falla por licuefacción. A continuación, se presenta una tabla con los resultados:

Caso	Máximo gradiente hidráulico	Gradiente hidráulico crítico	Falla por licuefacción
1	1.095	1.14	No
2	0.63	1.14	No
3	0.38	1.14	No

Cuadro 10: Falla por licuefacción

Como se puede apreciar, el caso más cercano a la falla es el caso 1, esto es debido a que la tablaestaca no está enterrada, lo que hace que el gradiente hidráulico sea mayor. Sin embargo, en todos los casos el gradiente hidráulico crítico es mayor al máximo, por lo que no hay falla por licuefacción. Estos resultados demuestran que a mayor profundidad de la tablaestaca, menor es el riesgo de falla por licuefacción.

## 2.7. Factor de seguridad

Para poder calcular el factor de seguridad, se utilizó la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{i_{crit}}{i_{max}} \quad (6)$$

Donde:

- $FS$ : Factor de seguridad

A continuación, se presenta una tabla con los resultados:

Caso	Factor de seguridad
1	1.04
2	1.81
3	3.00

Cuadro 11: Factor de seguridad

Tal como se dijo anteriormente, a medida que la tablaestaca esta más enterrada la ataguía es más segura. Ocupando las cotas que se pueden apreciar en las figuras (2, 3 y 4) el pasar de 0 metros de profundidad a 5.8 metros de profundidad, el factor de seguridad aumenta de 1.04 a 3.00. Esto demuestra la importancia de enterrar la tablaestaca a una profundidad adecuada para evitar fallas en la ataguía.

### **3. Conclusiones**

En conclusión, se puede decir que la ataguía de tablaestaca es una estructura que permite construir de forma segura y eficiente en condiciones de humedad. Sin embargo, es necesario prestar atención a la profundidad a la que esta se va a enterrar, ya que esto influye en la presión de poros, el gradiente hidráulico y el factor de seguridad. En este sentido, se puede concluir que a mayor profundidad de la tablaestaca, menor es el riesgo de falla por licuefacción y mayor es el factor de seguridad. Por lo tanto, es importante realizar los cálculos necesarios para determinar la profundidad adecuada de la tablaestaca y así evitar posibles accidentes en la obra.

Finalmente, se concluye que el caso 1 es el más inestable de los tres, ya que la tablaestaca no está enterrada, mientras el caso 3 es el más estable, ya que la tablaestaca está enterrada a una profundidad de 5.8 metros. La diferencia entre estos dos casos se pudo notar en todos los cálculos realizados, por ejemplo, en el caso 1 tiene mayor caudal de infiltración, mayor presión neta en la tablaestaca, mayor gradiente hidráulico máximo y un tercio del factor de seguridad del caso 3.