

Manual de experimentos

HM 150.05 Presión Hidrostática

G.U.N.T. Gerätebau GmbH

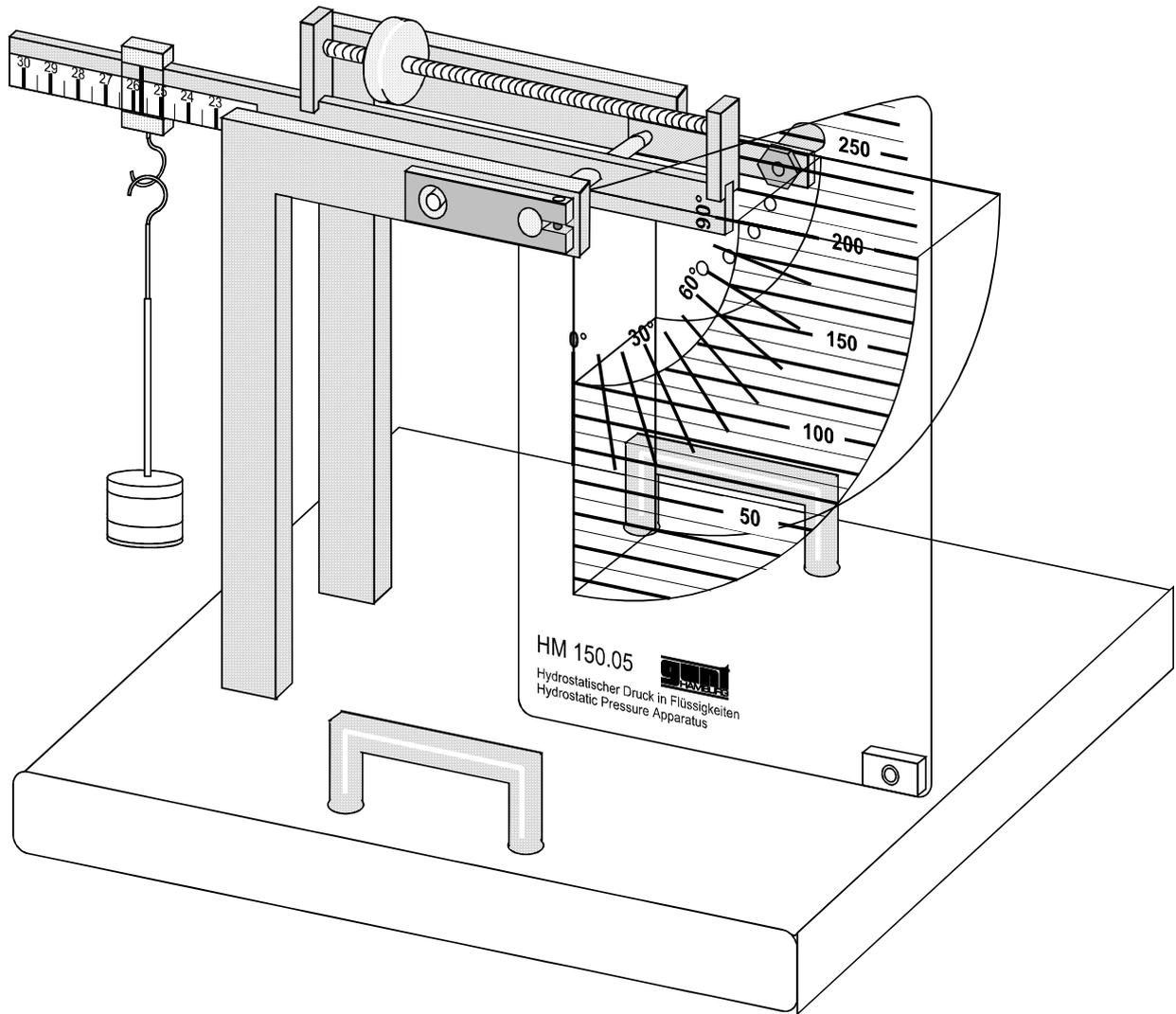
Fahrenberg 14

D-22885 Barsbüttel • Alemania

Teléfono +49 (40) 670854-0

Telefax +49 (40) 670854-42

Todos los derechos reservados . G.U.N.T. Gerätebau GmbH., Alemania .



Manual de experimentos

Indice General

1	Introducción	1
2	Descripción del equipo	2
2.1	Puesta en marcha	3
2.2	Mantenimiento y conservación	3
3	Teoría del punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)	4
3.1	Determinación del punto de intersección de las líneas de presión ..	5
3.2	Cálculo de la "resultante"	6
3.3	Funcionamiento del equipo HM 150.05	7
4	Experimentos sobre el punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)	9
4.1	Punto de intersección de las líneas de presión con el depósito de agua en posición vertical (0)	9
4.1.1	Realización de ensayos	9
4.1.2	Evaluación del ensayo	9
4.2	Punto de intersección de las líneas de presión en un depósito de agua oblicuo	12
4.2.1	Realización de ensayos	12
4.2.2	Evaluación del ensayo	12
4.3	Punto de intersección de las líneas de presión con el depósito de agua en un ángulo de 90°	15

HM 150.05 Presión Hidrostática



5	Anexo (HM 150.05)	16
5.1	Hoja de cálculo para el punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)	16
5.2	Signos de fórmula y unidades (HM 150.05) ρ Densidad de líquidos g/cm ³	17
5.3	Datos técnicos (HM 150.05)	18

1 Introducción

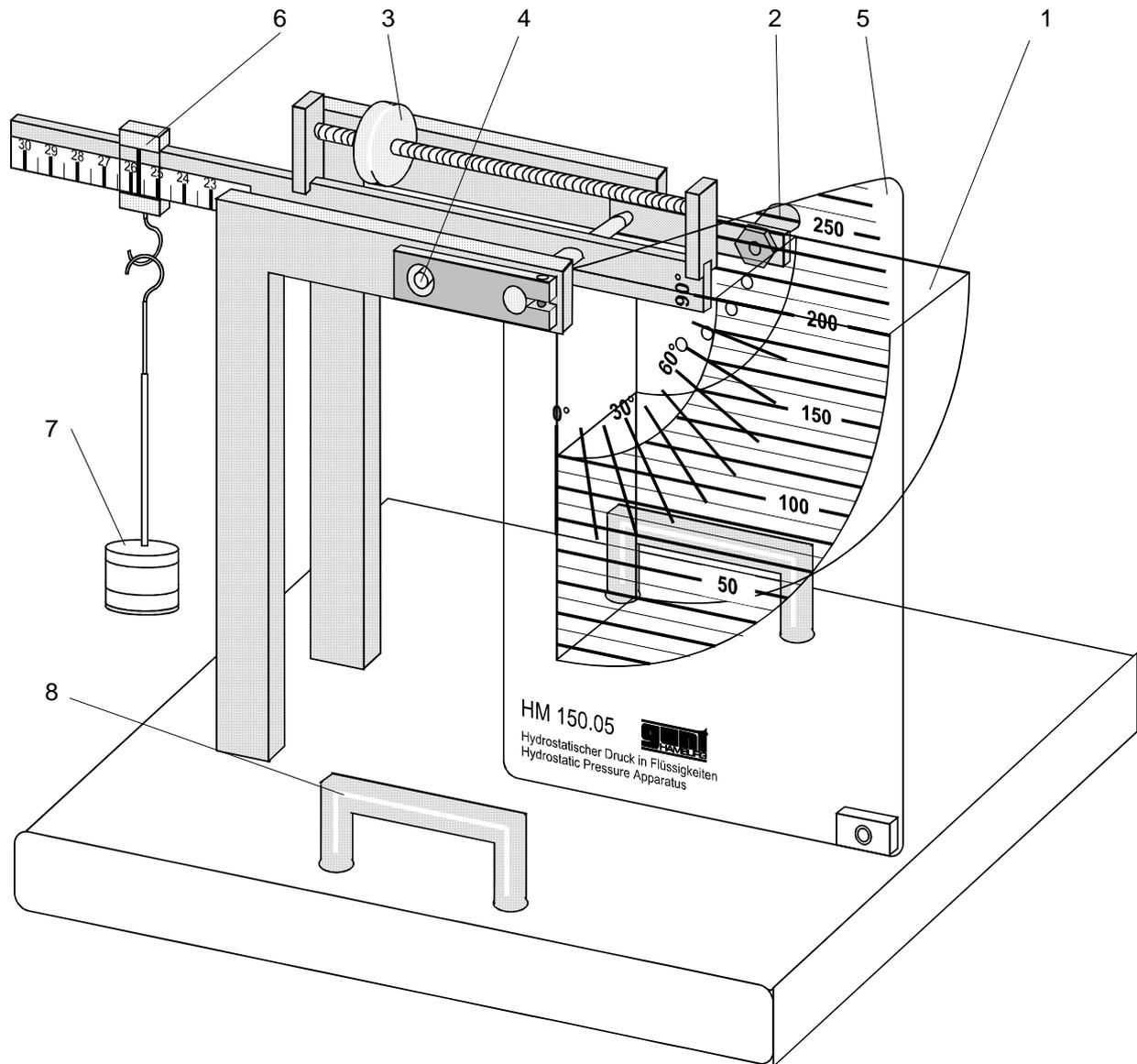
El efecto de la presión hidrostática es muy importante en muchas áreas de la técnica, por ejemplo en ingeniería naval, para construir diques, presas y esclusas, y también en técnica sanitaria y doméstica.

Con el aparato para **presión hidrostática** en líquidos **HM 150.05** se pueden estudiar experimentalmente los temas siguientes:

- Distribución de la presión en un líquido teniendo en cuenta la fuerza de gravedad
- "Fuerza lateral" de la presión hidrostática
- Punto de intersección de las líneas de presión de la fuerza lateral

En el anexo de estas instrucciones para ensayos figuran modelos de hojas de cálculo que facilitan la evaluación metódica de los ensayos.

2 Descripción del equipo



Todos los derechos reservados . G.U.N.T. Gerätebau GmbH., Alemania

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1 Depósito de agua | 5 Escala del nivel de agua |
| 2 Perno de retención | 6 Jinete |
| 3 Peso corredizo | 7 Pesos |
| 4 Perno de tope | 8 Asa |

Con el equipo para **presión hidrostática** en líquidos **HM 150.05** se puede estudiar la relación entre la altura del agua y la presión lateral que de ella depende.

El equipo es robusto y se monta rápidamente. Por lo tanto, resulta idóneo para utilizarlo de forma cotidiana en escuelas y universidades.

Dos asas permiten transportar el equipo fácilmente.

Un depósito de calibración transparente con una escala en mm y divisiones en mm permiten leer con exactitud el nivel del agua y los brazos de fuerza.

2.1 Puesta en marcha

El equipo para **presión hidrostática en líquidos** se debe colocar sobre una superficie horizontal impermeable. Conviene tener preparado un recipiente adicional para llenar y vaciar el depósito de agua.

2.2 Mantenimiento y conservación

El equipo y sus accesorios apenas necesitan mantenimiento. Conviene vaciar el equipo después de usarlo y secarlo bien con un paño para que no se formen manchas de cal.

3 Teoría del punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)

La presión hidrostática de los líquidos es la "presión gravitacional" p_{hid} . Aumenta cuando el peso propio gana profundidad t y se determina del modo siguiente:

$$p_{hid} = \rho \cdot g \cdot t. \quad (1)$$

ρ - densidad del agua

g - aceleración terrestre ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)

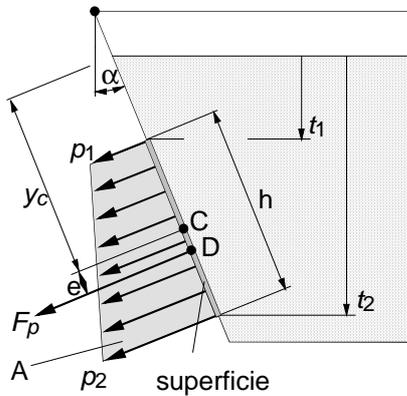
t - distancia de la superficie del líquido

Para calcular a partir de la presión hidrostática las fuerzas que influyen en paredes planas, por ejemplo muros de contención o cascos de embarcaciones, se deben seguir dos pasos:

- Reducir la presión que soporta una superficie activa en una resultante F_p que se aplica en un punto de aplicación de una fuerza, el "punto de intersección de las líneas de presión", en perpendicular a la superficie activa.
- Determinar la situación de este punto de intersección de las líneas de presión calculando un centro de gravedad de superficie en la superficie activa.

A continuación se muestra cómo determinar el punto de intersección de las líneas de presión y después cómo calcular la resultante F_p .

3.1 Determinación del punto de intersección de las líneas de presión



La superficie activa representada soporta un perfil de presión lineal porque la presión hidrostática aumenta de forma proporcional a la profundidad t .

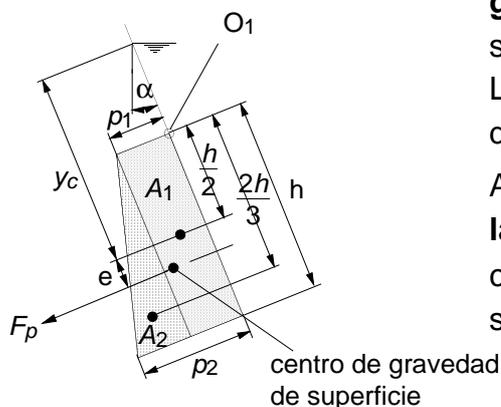
La resultante F_p **no** influye, pues, en el centro de gravedad de superficie C de la superficie activa, sino un poco más abajo, en el denominado punto de intersección de las líneas de presión D .

Para determinar la distancia e entre el punto de intersección de las líneas de presión y el centro de gravedad de superficie se parte de la suposición siguiente:

Imaginemos que tenemos delante la superficie activa de una superficie A , formada por la altura h y por el perfil de presión de la presión hidrostática p_1 - p_2 . Esta superficie tiene forma de trapecio.

El punto de intersección de las líneas de presión D se encuentra en la extensión del **centro de gravedad de superficie** de esta superficie A , que se puede dividir en las superficies parciales A_1 y A_2 . Los centros de gravedad de superficie correspondientes se señalan con puntos negros.

Ahora se coloca un **equilibrio de momentos de las superficies** sobre el punto O_1 para calcular el centro de gravedad de superficie común (la fuerza se ejerce en sentido F_p):



$$\Sigma M^{(O_1)}=0: A \cdot \left(\frac{h}{2}+e\right) = A_1 \cdot \frac{h}{2} + A_2 \cdot \frac{2h}{3} \quad (2)$$

Siendo:

$$A_1 = p_1 \cdot h, \quad (3)$$

$$A_2 = \frac{p_2 - p_1}{2} \cdot h \quad \text{y} \quad (4)$$

$$A = A_1 + A_2 \tag{5}$$

se obtiene:

$$e = \frac{1}{6} h \cdot \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \tag{6}$$

Con la presión hidrostática

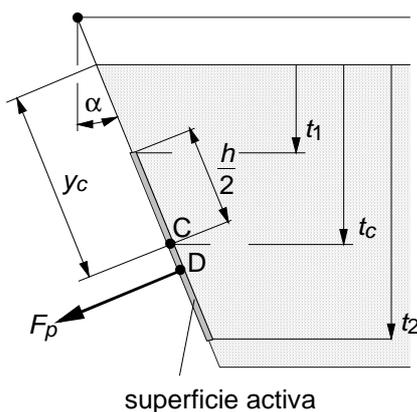
$$\rho_2 = \rho g \cos \alpha \cdot \left(y_c + \frac{h}{2} \right) \text{ y} \tag{7}$$

$$\rho_1 = \rho g \cos \alpha \cdot \left(y_c - \frac{h}{2} \right) \text{ se obtiene} \tag{8}$$

$$e = \frac{1}{12} \cdot \frac{h^2}{y_c} \tag{9}$$

e es la distancia que buscábamos entre el punto de intersección de las líneas de presión y el centro de gravedad de superficie de la superficie activa.

3.2 Cálculo de la "resultante"



La presión hidrostática que soporta la superficie activa se puede representar como una resultante F_p cuya línea de influencia atraviesa el punto de intersección de las líneas de presión D. El tamaño de esta resultante corresponde a la presión hidrostática en el **centro de gravedad de superficie C de la superficie activa**:

$$\rho_c = \rho \cdot g \cdot t_c \tag{10}$$

- ρ_c - presión hidrostática en el centro de gravedad de superficie de la superficie activa
- t_c - distancia vertical entre el **centro de gravedad** de la superficie y la superficie del líquido

Para expresarlo con claridad, la presión en el centro de gravedad de superficie corresponde exactamente al promedio entre la presión mayor y la menor debido a la distribución lineal de la presión. Si la pared tiene una inclinación de α , el resultado es

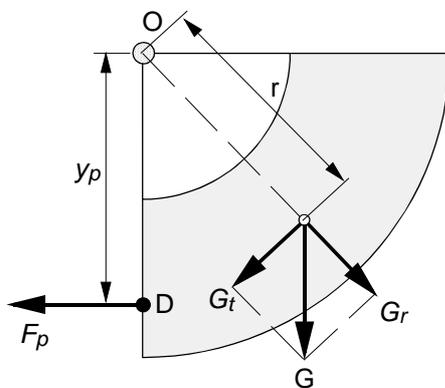
$$p_c = \rho \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot y_c \quad (11)$$

Ahora se puede calcular la resultante F_p :

$$F_p = p_c \cdot A_{Wirk} \quad (12)$$

¡Atención! Para calcular la resultante se utiliza el centro de gravedad de superficie de la superficie activa, pero la línea de influencia de la resultante F_p pasa por el punto de intersección de las líneas de presión (véase capítulo 3.1).

3.3 Funcionamiento del equipo HM 150.05



El depósito de agua del equipo tiene una sección de corona circular con sección transversal constante. El peso G del agua siempre genera el mismo par de giro respecto al punto de giro O , al igual que la resultante F_p de la superficie activa, que pasa por el punto de intersección de las líneas de presión D . En consecuencia, con este aparato se pueden determinar la fuerza de compresión F_p y el punto de intersección de las líneas de presión. Para verlo más claro, imaginemos la sección de corona circular completamente llena. El peso G , que influye en el centro de gravedad de volumen del agua, se puede dividir en dos componentes:

- un componente G_r de influencia radial que atraviesa exactamente el punto de giro y
- un componente G_t de influencia tangencial con un brazo de fuerza r que influye en el punto de giro O .

El componente radial G_r no ejerce ningún momento sobre el punto de giro O , ya que su brazo de fuerza es de cero.

Sea cual sea el nivel de agua,

$$F_p \cdot y_p = G_t \cdot r \quad (13)$$

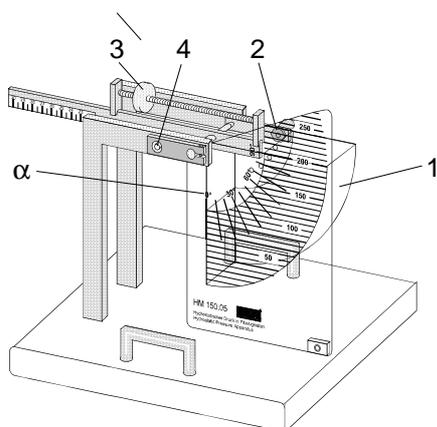
es decir, **el peso G del volumen de agua siempre ejerce el mismo par de giro que la fuerza F_p en el punto de intersección de las líneas de presión D .** La derivación de (13) se basa en la determinación del centro de gravedad de una sección de corona circular y su volumen.

4 Experimentos sobre el punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)

4.1 Punto de intersección de las líneas de presión con el depósito de agua en posición vertical (0)

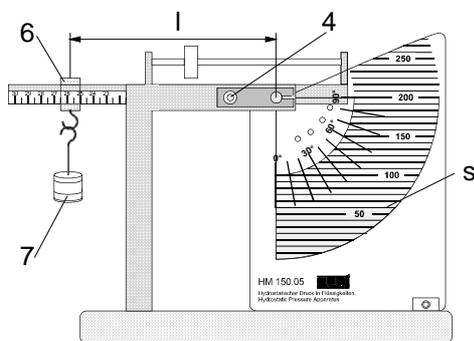
4.1.1 Realización de ensayos

4.1.1.1 Cálculo de la tara del depósito de agua



- Colocar el depósito de agua (1) en un ángulo de $\alpha=0$ mediante el perno de retención (2) como se muestra la figura.
- Calcular la tara del equipo con peso corredizo giratorio (3): el perno de tope (4) se debe encontrar justo en el centro del orificio.

4.1.1.2 Realización de la medición



- Colocar el jinete (6) y ajustar el brazo de fuerza según la escala (por ejemplo, $l=150$ mm).
- Verter agua hasta que el equipo esté equilibrado [perno de tope (4) en el centro del orificio].
- Leer el nivel de agua y registrarlo en el modelo de hoja de cálculo (anexo).
- Incrementar el peso añadido (7) en varias veces, 0,5 - 1 N cada vez, y repetir la medición.

4.1.2 Evaluación del ensayo

Valores medidos:

s - nivel de agua leído

l -brazo de fuerza del peso

F_G - suma de los pesos añadidos

4.1.2.1 Determinación del punto de intersección de las líneas de presión

Si el nivel de agua s se encuentra por debajo de la marca de 100 mm, la altura de la superficie activa varía junto con el nivel de agua. Si el nivel de agua se encuentra por encima de esta marca, la superficie activa conserva siempre una altura de 100 mm.

Es decir:

s - nivel de agua

e - distancia entre el punto de intersección de las líneas de presión D y el centro de gravedad C de la superficie activa

l_D - distancia respecto al punto de giro del equipo:

Si el nivel de agua $s < 100$ mm, entonces:

(la presión tiene un perfil triangular)

$$e = \frac{1}{6} \cdot s \quad (1)$$

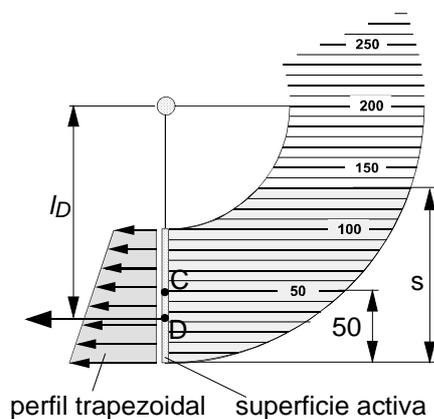
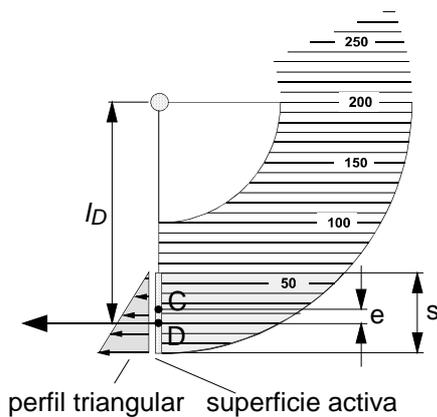
$$l_D = 200\text{mm} - \frac{1}{3} \cdot s \quad (2)$$

Si el nivel de agua $s > 100$ mm, entonces:

(la presión tiene un perfil trapezoidal)

$$e = \frac{1}{12} \cdot \frac{(100\text{mm})^2}{s - 50\text{mm}} \quad (3)$$

$$l_D = 150\text{mm} + e \quad (4)$$



4.1.2.2 Cálculo de la resultante

La resultante corresponde a la presión hidrostática en el centro de gravedad de superficie C de la superficie activa. En consecuencia, se debe marcar la diferencia en función del nivel de agua s:

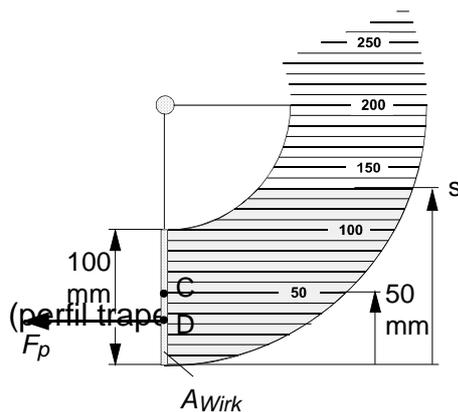
Es decir:

A_{act} - área de la superficie activa

$b = 75 \text{ mm}$ - ancho del depósito de líquido

p_c - presión hidrostática en el centro de gravedad de superficie

F_p - resultante de la presión hidrostática en la superficie activa



Si $s < 100 \text{ mm}$, entonces:

(perfil triangular)

$$p_c = \rho \cdot g \cdot \frac{s}{2} \text{ y } A_{Wirk} = s \cdot b \quad (5)$$

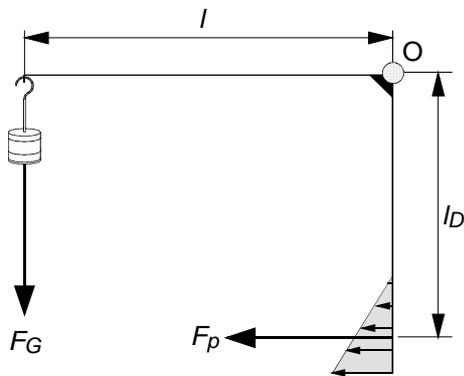
Si $s > 100 \text{ mm}$, entonces:

$$p_c = \rho \cdot g \cdot (s - 50 \text{ mm}) \text{ y } A_{Wirk} = 100 \text{ mm} \cdot b \quad (6)$$

La resultante se calcula del modo siguiente:

$$F_p = p_c \cdot A_{Wirk} \quad (7)$$

4.1.2.3 Equilibrio de momentos



Magnitudes concretas:

F_G - peso añadido

l - brazo de fuerza del peso añadido respecto al punto de giro O

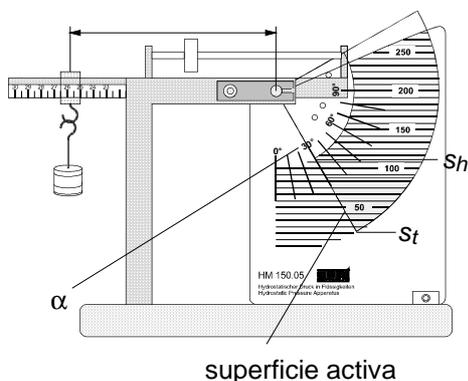
Para comprobar la teoría se puede poner y comprobar un equilibrio de momentos respecto al punto de giro O:

$$\Sigma M^O=0: F_G \cdot l = F_p \cdot l_D \quad (8)$$

Reservados todos los derechos G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel, Alemania

4.2 Punto de intersección de las líneas de presión en un depósito de agua oblicuo

4.2.1 Realización de ensayos



- Ajustar un ángulo α y tarar el depósito de agua como se describe en 4.1.1.1.
- Introducir los valores característicos en el modelo de hoja de cálculo: nivel de agua más profundo s_t y nivel de agua más alto s_h de la superficie activa.
- Realizar la medición como se describe en - 4.1.1.2.

4.2.2 Evaluación del ensayo

La diferencia en la evaluación del depósito oblicuo en comparación con el vertical reside en la conversión del nivel de agua en la superficie activa oblicua: para ello se debe tener en cuenta un factor $\cos\alpha$.

4.2.2.1 Determinación del punto de intersección de las líneas de presión

El depósito de agua oblicuo también presenta un perfil triangular de presión cuando el nivel de agua se encuentra por debajo de s_h ; si el nivel de agua es superior, el perfil es trapezoidal. Valores medidos:

s - nivel de agua leído

α - ángulo de inclinación del depósito

Es decir:

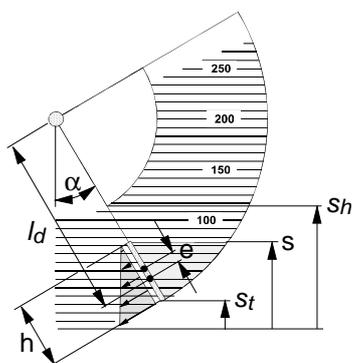
s_t nivel de agua en el punto más profundo del depósito

s_h nivel de agua en el borde superior de la superficie activa

e situación del punto de intersección de las líneas de presión

h altura de la superficie activa

l_D distancia entre el punto de intersección de las líneas de presión y el punto de giro



Si el nivel de agua $s < s_h$, se obtiene un perfil triangular:

$$h = \frac{s - s_t}{\cos \alpha} \quad (9)$$

$$e = \frac{1}{6} \cdot h \quad (10)$$

$$l_D = 200 \text{ mm} - \frac{1}{3} \cdot h \quad (11)$$

Si el nivel de agua $s > s_h$, se obtiene un perfil trapezoidal:

$$e = \frac{1}{12} \cdot \frac{(100\text{mm})^2}{\frac{s-s_t}{\cos\alpha} - 50\text{mm}} \quad (12)$$

$$l_D = 150\text{mm} + e \quad (13)$$

4.2.2.2 Cálculo de la resultante

Es decir:

A_{act} área de la superficie activa

$b=75\text{ mm}$ ancho del depósito de líquido

p_c presión hidrostática en el centro de gravedad de superficie de la superficie activa

Si $s < s_h$, h coincide con el capítulo 4.2.2.1:

$$p_c = \rho \cdot g \cdot \frac{s-s_t}{2} \text{ y } A_{Wirk} = h \cdot b \quad (14)$$

Si $s > s_h$, se obtiene un perfil trapezoidal:

$$p_c = \rho \cdot g \cdot (s-s_t - 50\text{mm} \cdot \cos\alpha) , \quad (15)$$

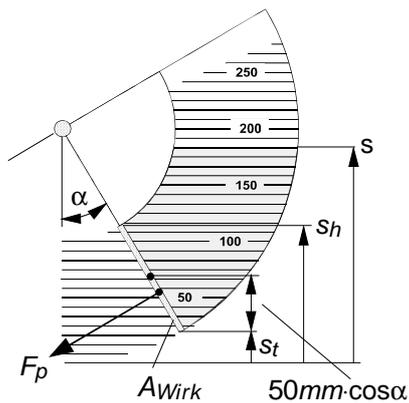
$$A_{Wirk} = 100\text{mm} \cdot b \quad (16)$$

La resultante se calcula del modo siguiente:

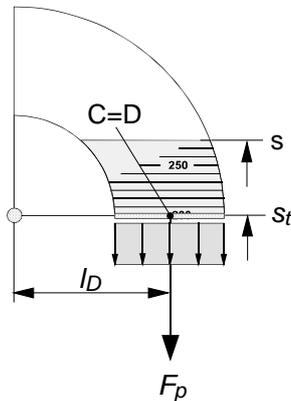
$$F_p = p_c \cdot A_{Wirk} \cdot \quad (17)$$

4.2.2.3 Equilibrio de momentos

Los resultados se pueden comprobar mediante un equilibrio de momentos como se describe en el capítulo 4.1.2.3.



4.3 Punto de intersección de las líneas de presión con el depósito de agua en un ángulo de 90°



El ángulo de $\alpha=90$ es un caso especial. El perfil de presión generado tiene forma de rectángulo porque la presión hidrostática **es igual** en todos los puntos de la superficie activa.

Por este motivo, el punto de intersección de las líneas de presión D se encuentra exactamente en el centro de gravedad de superficie C de la superficie activa:

$$e = 0 \quad (18)$$

con un brazo de fuerza de:

$$l_D = 150\text{mm}. \quad (19)$$

La resultante se calcula del modo siguiente:

$$F_p = \rho \cdot g \cdot (s - s_t) \cdot (100\text{mm} \cdot b) \quad (20)$$

El resultado se puede comprobar mediante un equilibrio de momentos como se describe en el capítulo 4.1.2.3.

HM 150.21 Presión Hidrostática



5 Anexo (HM 150.05)

5.1 Hoja de cálculo para el punto de intersección de las líneas de presión (HM 150.05)

ángulo α [°]		nivel de agua más profundo s_t		
[mmWS]		nivel de agua más alto s_h		
[mmWS]				
Brazo de fuerza l [mm]	Peso añadido F_G [N]	Nivel de agua leído s [mm]	Brazo de fuerza calculado l_D [mm]	Resultante F_p [N]
ángulo α [°]		nivel de agua más profundo s_t		
[mmWS]		nivel de agua más alto s_h		
[mmWS]				
Brazo de fuerza l [mm]	Peso añadido F_G [N]	Nivel de agua leído s [mm]	Brazo de fuerza calculado l_D [mm]	Resultante F_p [N]
ángulo α [°]		nivel de agua más profundo s_t		
[mmWS]		nivel de agua más alto s_h		
[mmWS]				
Brazo de fuerza l [mm]	Peso añadido F_G [N]	Nivel de agua leído s [mm]	Brazo de fuerza calculado l_D [mm]	Resultante F_p [N]

5.2 Signos de fórmula y unidades (HM 150.05) ρ Densidad de líquidos

ρ_{hid}	Presión hidrostática	mmWS
ρ_c	Presión hidrostática en el centro de gravedad de la superficie activa	mmWS
F_p	Resultante en el punto de intersección de las líneas de presión	N
F_G	Suma de los pesos añadidos	N
G	Peso del agua en el depósito de calibración	N
h	Altura de la superficie activa	mm
b	Ancho del depósito de líquido	mm
s	Nivel de agua leído/escala	mm
s_h	Nivel de agua en el punto máximo de la superficie activa	mm
s_t	Nivel de agua en el punto más profundo del depósito de calibración	mm
e	Distancia entre el punto de intersección de las líneas de presión y el centro de gravedad de superficie	mm
l_D	Brazo de fuerza de la resultante F_p	mm
l	Brazo de fuerza del peso	mm
y_p	Distancia entre el punto de intersección de las líneas de presión y el nivel de líquido a lo largo de la superficie activa	mm
y_c	Distancia entre el centro de gravedad de superficie y el nivel de líquido a lo largo de la superficie activa	mm
A_{Wirk}	rango de la superficie activa	mm ²

HM 150.21 Presión Hidrostática



5.3 Datos técnicos (HM 150.05)

Dimensiones:

largo x ancho x alto 400 x 500 x 360 mm³

Capacidad del depósito de calibración:

aprox. 1,8 Ltr

Peso:

aprox. 10 kg