



1. Muro de la fortaleza
2. Talud o zarpa en la base
3. Foso
4. Rampa de asalto y relleno del foso (por parte de los atacantes)
5. Ariete
6. Protección superior del ariete y sus operarios
7. Defensa vertical de la fortificación

Figura 14. (a) Asedio y ataque de una fortaleza mediante el impulso de un ariete por la fuerza humana, por Viollet-le-Duc (Viollet-le-Duc 1874, fig. 43). Los atacantes tienen que construir una rampa para ejercer los impactos sobre el nivel del sótano inclinado. (b) Esquema del muro y del foso relleno durante un asalto con un ariete. El ariete tiene que estar protegido de los ataques que, desde las almenas, cadalsos y otras defensas verticales de la muralla, lanzan los defensores. (c) Talud en la base de la barbacana del castillo de Belvís de Monroy (Cáceres). (d) Talud en la base de las murallas del castillo de Vozmediano (Soria), construido como refuerzo tras varios ataques aragoneses

un peso P que se sitúa sobre su centro de gravedad, a una distancia $x/2$ del punto donde se produce el giro, y la fuerza del impacto F se ejerce a una altura h desde la base, se puede calcular, tomando momentos desde el origen del giro, cuál es la altura mínima, o la fuerza mínima para que se pudiese producir este vuelco (Figura 16a):

$$W \frac{x}{2} = Fh \tag{11}$$

Por lo que se deduce que la altura a la cual debe darse el impacto, para una fuerza conocida, debe ser mayor o igual que la siguiente expresión:

$$h \geq \frac{Wx}{2F} \tag{12}$$

O bien, si por el contrario lo que se desea conocer es la fuerza mínima:

$$F \geq \frac{Wx}{2h} \tag{13}$$

Esto significa que, para provocar el vuelco de un muro sólido por un impacto, tanto la fuerza de éste como la altura a la que se produce son inversamente proporcionales, y lo que se opone a este vuelco es el propio peso del muro. Pongamos un ejemplo numérico con los datos extraídos anteriormente para el impacto del ariete merovingio:

- Fuerza del impacto: 42,06 kN
- Altura del muro: 8 m
- Espesor del muro: 2 m
- Frente considerado: 5 m
- Densidad del material del muro (piedra caliza): 1.800 kg/m³