

Dissipador de energia Tipo IX rampa dentada

Capítulo 108- Dissipador de energia tipo IX rampa dentada

108.1 Introdução

O objetivo é o dimensionamento do dissipador Tipo IX do USBR denominado no Brasil de rampa dentada. É usado pela PMSP e pelo DNIT.

108.2 Bacia de dissipação Tipo IX do USBR

Um dissipador de energia muito fácil de ser construído é o Tipo IX conforme Figura (108.3). Geralmente possuem a declividade 2:1 sendo 2 na horizontal e 1 na vertical. Podem ser ainda possuir declividade menor.

O dissipador de energia tipo USBR Tipo IX não é suscetível a lixo e resíduos que possam estar nas águas pluviais.

A bacia de dissipação Tipo IX do USBR é também adotada pela Prefeitura Municipal de São Paulo e chamada de **Rampa Dentada** e os melhores desempenhos ocorrem para **vazões específicas de 3,35m³/s.m a 5,6m³/s.m**. A PMSP recomenda ainda que haja no mínimo quatro linhas de dentes para que a dissipação de energia seja mais eficiente.

108.3 Critérios técnicos de Peterka, 2005

O dimensionamento de um dissipador de energia Tipo IX tem as seguintes recomendações:

Faixa de validade: **3,35m³/s ≤ Vazão máxima ≤ 5,67 m³/s.m**.

Velocidade no canal a montante: $V < V_1$ (velocidade crítica)

Existe uma velocidade ideal para água de montante que é V_1 . Geralmente pode ser usada V_1 ou outra velocidade entre V_1 e V_c , mas sempre inferior a V_c .

O número de fileiras mínimo de dentes de concreto=4.

Altura do dente **H = 0,80 x dc**

Altura crítica dc

Altura da parede lateral = **3 x H**

Distância entre os dentes na rampa= **2xH**

Espaçamento horizontal entre os dentes de concreto= **1,5x H**

Declividade do dissipador: **2(horizontal): 1 (vertical)**

A declividade do canal a montante ideal é de **0,0018m/m** conforme Peterka, 2005 que ainda informa que declividade de 0,015m/m é muito grande.

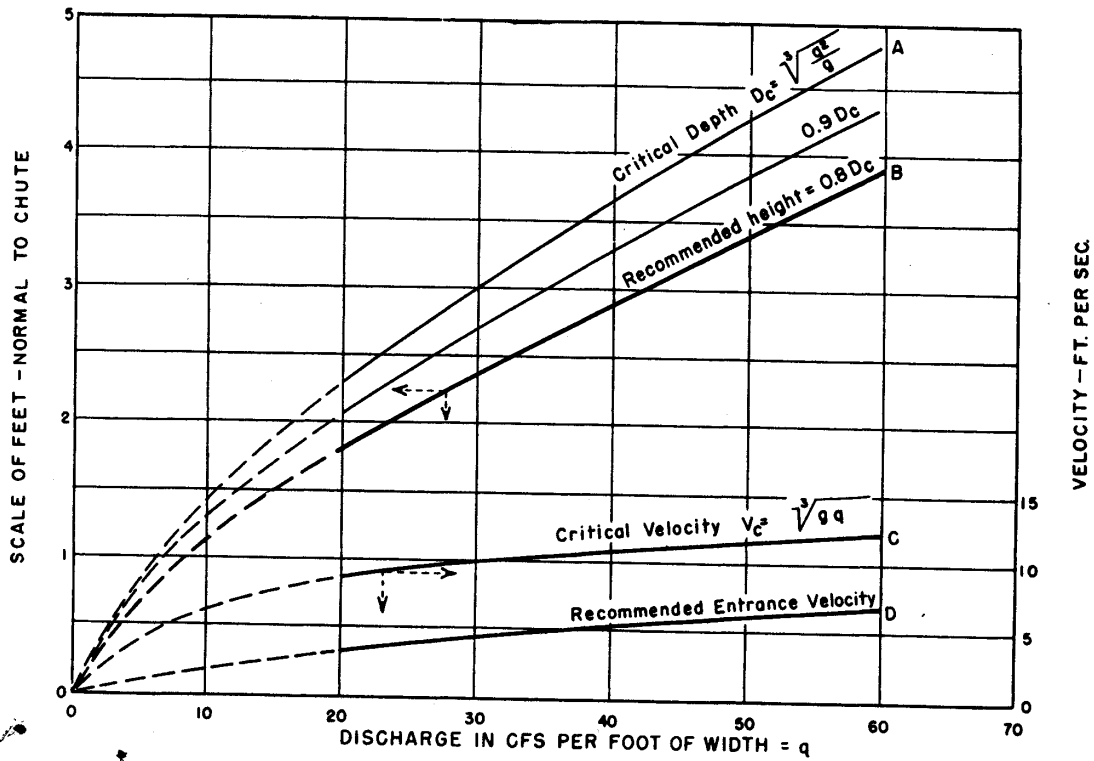


Figura 108.1 Dissipador de energia Tipo IX
 Fonte: Peterka, 2005

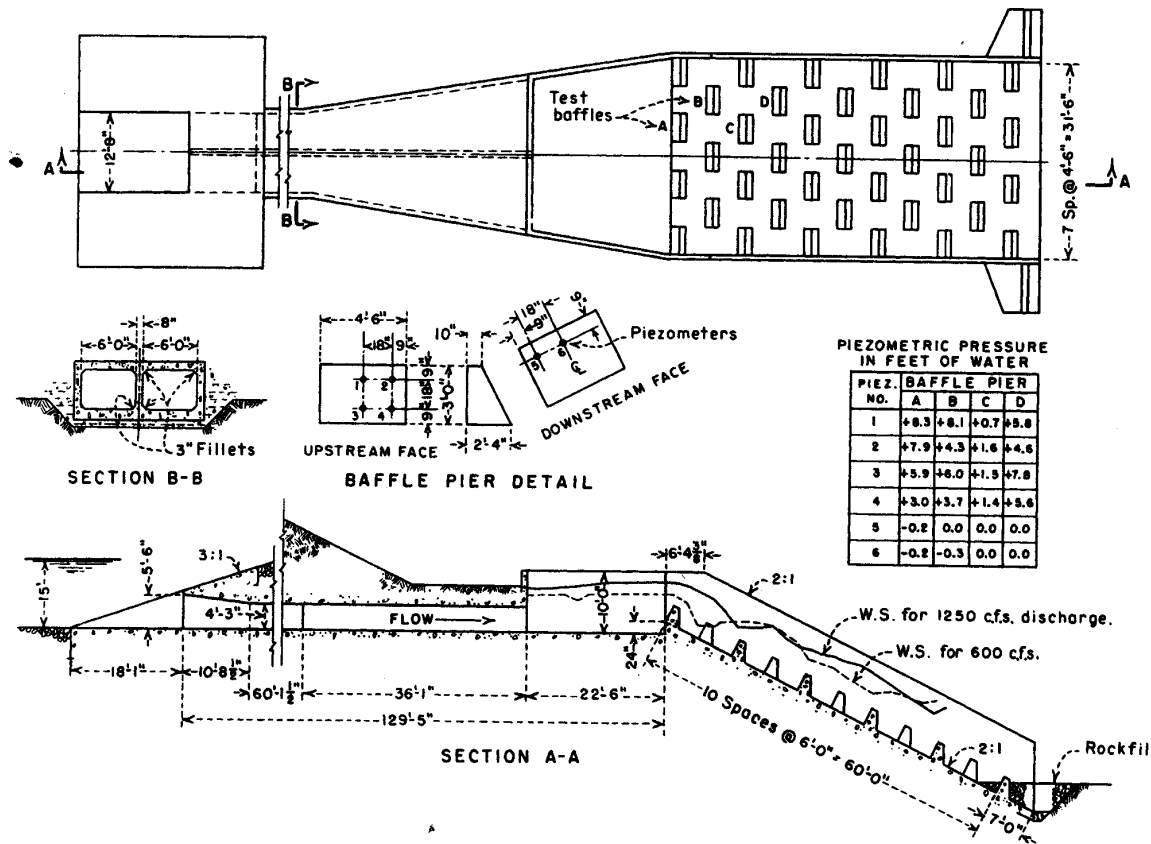


Figura 108.2-Melhor disposição do dissipador de energia Tipo IX
 Fonte: Peterka, 2005

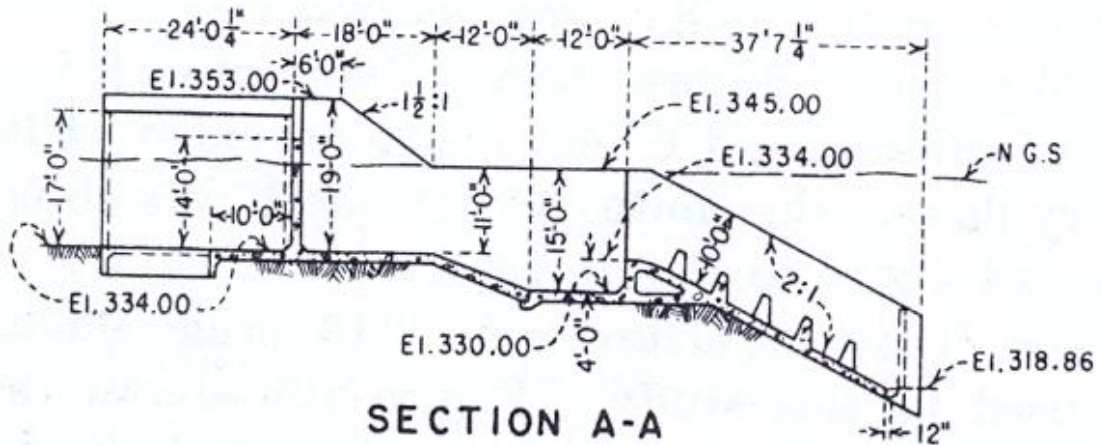


Figura 108.3- Desenho esquemático do perfil do dissipador de energia chamado rampa dentada (Tipo IX do Peterka) observando o pequeno reservatório.

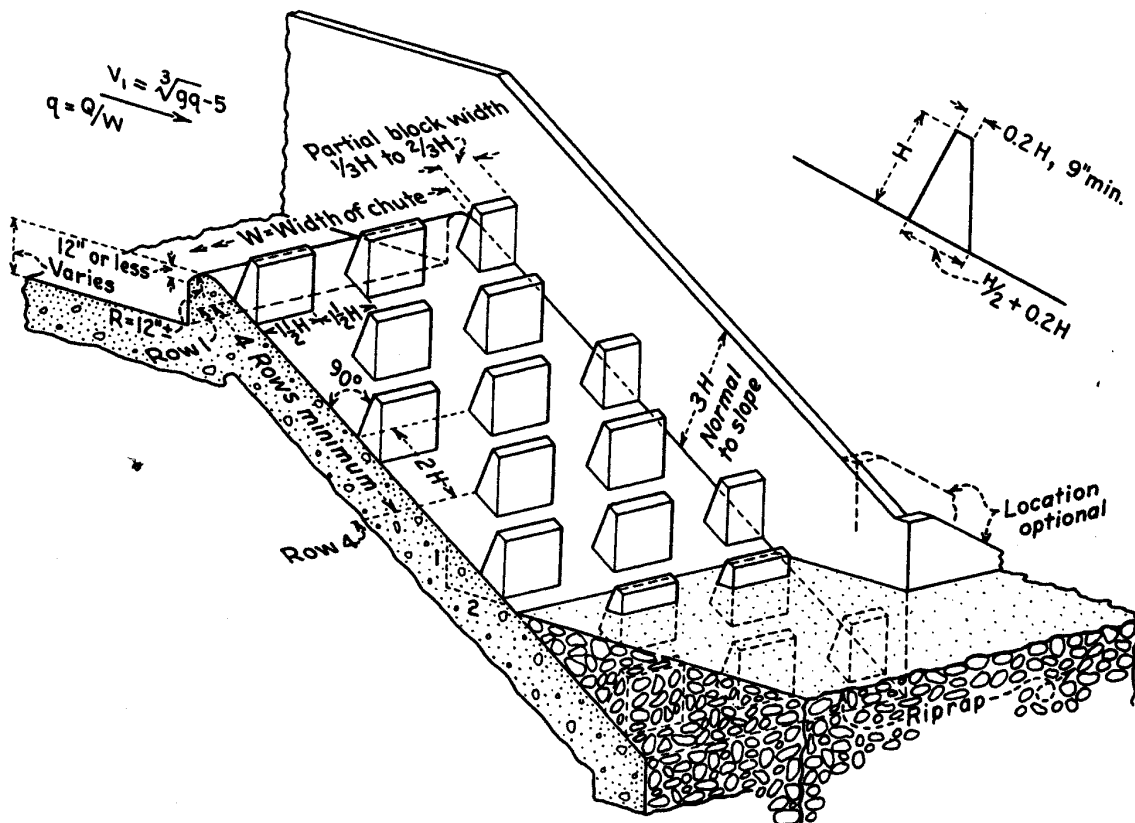


Figura 108.4- Melhor disposição do dissipador de energia Tipo IX
 Fonte: Peterka, 2005

$$q = Q/W$$

Sendo:

q= vazão unitária (m³/s/m)

W= largura (m)

Q= vazão (m³/s)

A velocidade máxima de entrada é V₁ calculada pela fórmula empírica de Peterka adaptada para as unidades SI:

$$V_1 = (g \cdot q)^{1/3} - 1,5$$

Sendo:

V₁= velocidade na entrada (m/s)

g= aceleração da gravidade – 9,81m/s²

q = Q/W

A velocidade critica é V_c;

$$V_c = (g \cdot q)^{1/3}$$

Exemplo 108.7

Dimensionar um dissipador de energia USBR Tipo IX para um desnível de 8,00m. São dados:

Vazão Q= 22,17m³/s

Dados do canal a montante

n=0,013 (concreto)

Declividade 2:1

Largura =B=6,5m

Cota da soleira do vertedor do bueiro a jusante= 753,18m

Cota do fundo do canal a jusante (m)= 750,18

Desnível do dissipador= 3m

Altura do nível de água que está no bueiro (m)= 1,55m

Primeiro passo:

Por tentativa supomos uma seção retangular com altura D (m) e largura B (m).

Supomos B=6,5m

q=Q/B= 22,17/6,5= 3,41m³/s/m < 5,67m³/s/m e > 3,35m³/s/m OK

Segundo passo: velocidade critica e velocidade máxima V₁ na entrada da rampa dentada

Velocidade critica

$$V_c = (g \cdot q)^{1/3}$$

$$V_c = (9,81 \times 3,41)^{1/3} = 3,22 \text{ m/s}$$

$$y_c \times B = 22,17 / 3,22 = 6,89$$

$$y_c = 6,89 / 6,5 = 1,06 \text{ m}$$

A velocidade máxima de entrada é V_1

$$V_1 = (g \cdot q)^{1/3} - 1,5$$
$$V_1 = (9,81 \times 3,41)^{1/3} - 1,5 = 1,72 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade máxima de entrada é 1,72m/s.

Adoto $V_1 = 1,72 \text{ m/s}$ (velocidade máxima adotada na entrada da rampa dentada)

Equação da continuidade $Q = A \times V$

$$A = Q/V = 22,17 / 1,72 = 12,89 \text{ m}^2$$

$$A = B \times H$$

$$H = A/B = 12,89/6,5 = 1,98 \text{ m}$$

Portanto, a altura de água na entrada é 1,98m

Quarto passo: pequeno reservatório

Truque: quero manter o nível de água que está vindo ao bueiro que é 1,55m
Transição do bueiro para a rampa dentada

O bueiro tem 4,00m de largura por 2,00m de altura. A altura de água é 1,55m, a velocidade de saída no bueiro é 3,59m/s e o número de Froude é 0,92.

Canal de transição

Segundo Cetesb, 1986 as experiências mostraram que transições em canais com ângulo de abertura ou contração deve ser inferior a:

$$\tan \alpha = 1 / (3 \cdot F_o)$$

Sendo:

α = ângulo em radianos ou graus conforme Figura (18.29)

F_o = número de Froude

O comprimento de transição que vai do final do tubo até o início da escada L é dado pela equação:

$$L = (3 \cdot F_o) \times (B - D) / 2$$

$$B = D + 2 \cdot L \times \tan \alpha$$

Sendo:

L = comprimento de transição que vai do final do tubo até o início da escada (m)

F_o = número de Froude

B = largura maior do trapézio ou largura da escada hidráulica (m)

D = diâmetro do tubo (m)

$$\tan \alpha = 1 / 3F_o = 1 / (3 \times 0,92) = 0,36$$

$$F = 0,92 \quad B = 6,5 \text{ m} \quad D = 2,00 \text{ m}$$

$$L = 3F \cdot (B - D) / 2 = 3 \times 0,92 \times (6,5 - 2) / 2 = 6,21 \text{ m}$$

Pequeno reservatório Ver Figura (108.3)

Rampa dentro do pequeno reservatório = $6,21/2 = 3,11 \text{ m}$

Comprimento do pequeno reservatório = $6,21/2 = 3,11 \text{ m}$

Profundidade = 0,43m

Portanto, temos que fazer um pequeno reservatório com profundidade = $1,98 - 1,55 = 0,43 \text{ m}$. Haverá então um pequeno reservatório com 0,43m de profundidade antes da água entrar na rampa dentada.

Profundidade do pequeno reservatório = 0,43m

Temos uma transição 1:4 quando a água sai do bueiro e entra no degrau e tem um determinado comprimento L. Para o reservatório pequeno supomos que tem L/2 em rampa e L/2 em reservatório.

Então o pequeno reservatório tem largura de 6,5m, profundidade de 0,43m e comprimento L/2 e declividade recomendada por Peterka de $S=0,0018\text{m/m}$.

Quinto passo: Elementos de concreto na rampa dentada

Altura crítica= 1,06m

O número de fileiras mínimo de dentes de concreto=4.

Altura do dente $H = 0,80 \times dc = 0,8 \times 1,06 = 0,85\text{m}$

Altura da parede lateral = $3 \times H = 3 \times 0,85 = 2,54\text{m}$

Distancia entre os dentes na rampa= $2 \times H = 2 \times 0,85 = 1,70\text{m}$

Espaçamento horizontal entre os dentes de concreto= $1,5 \times H = 1,5 \times 0,85 = 1,27\text{m}$

108.4 Bibliografia e livros consultados

- CETESB- *Drenagem Urbana- Manual de projeto*. 3ª Ed. 1986, 452páginas.
- DAEE** (DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELETRICA DO ESTADO DE SAO PAULO). *Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas*, 2005,124 páginas.
- FHWA- *Hydraulic Design of energy dissipators for culverts and channels*, July, 2006.
- LENCASTRE, ARMANDO. *Hidráulica geral*. Edição Luso-Brasileira, 1983, 653 páginas.
- MAYS, LARRY W. *Hydraulic design handbook*. John Wiley& Sons, 2001, 761páginas.
- MAYS, LARRY W. *Stormwater collection systems design handbook- Handbook*. McGraw-Hill, 2001.
- MAYS, LARRY W. *Water Resources Engineering*. John Wiley& Sons, 2001, 761páginas.
- PETERKA**, A. J. *Hydraulic design of stilling basins and energy*. Havaii, 2005. US Department of the Interior-Bureau of Reclamation. ISBN 1-4102-2341-8. Nota: é uma reimpressão do original.
- PMSP (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**, 1998, 279 páginas, elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) coordenado por Carlos Lhoret Ramos, Mário T. L. de Barros e José Carlos F. Palos.
- SUBRAMANYA, KK. *Flow in openchannels*. Tata McGraw-Hill, New Delhi, 3ª ed, 2009, 548 páginas ISBN (13) 978-0-07-06966-3
- TAMADA, KIKUO. *Dissipador de energia na engenharia hidráulica*. EPUSP, 70 páginas, 1994, Notas de aula, PHD-727.