

Diseño de pavimentos rígidos

Método AASHTO 93 en Excel

Rhonner Ramírez

JT Escuela

17 de marzo de 2022





1 Particularidad de la ecuación final de diseño



- 1 Particularidad de la ecuación final de diseño
- 2 Fundamentos del diseño en Excel



- 1 Particularidad de la ecuación final de diseño
- 2 Fundamentos del diseño en Excel
- 3 Desviación estándar normal en base a la confiabilidad en Excel



- 1 Particularidad de la ecuación final de diseño
- 2 Fundamentos del diseño en Excel
- 3 Desviación estándar normal en base a la confiabilidad en Excel
- 4 Ejemplo aplicativo



- 1 Particularidad de la ecuación final de diseño
- 2 Fundamentos del diseño en Excel
- 3 Desviación estándar normal en base a la confiabilidad en Excel
- 4 Ejemplo aplicativo
- 5 Ejercicio propuesto



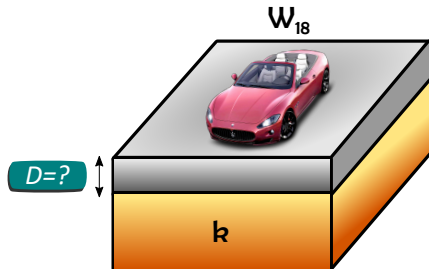
- 1 Particularidad de la ecuación final de diseño
- 2 Fundamentos del diseño en Excel
- 3 Desviación estándar normal en base a la confiabilidad en Excel
- 4 Ejemplo aplicativo
- 5 Ejercicio propuesto
- 6 Conclusiones

Ecuación final de diseño

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log(D + 1) - 0,06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + 1,624 \times 10^7 / (D + 1)^{8,46}} \\ + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 J [D^{0,75} - 18,42 / (E_c / k)^{0,25}]} \right\}$$

D en pulgadas (in)

¿Puedes despejar D en la ecuación?





Ecuación final de diseño

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log(\mathbf{D} + 1) - 0,06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + 1,624 \times 10^7 / (\mathbf{D} + 1)^{8,46}} + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (\mathbf{D}^{0,75} - 1,132)}{215,63 J [\mathbf{D}^{0,75} - 18,42 / (E_c / k)^{0,25}]} \right\}$$



Ecuación final de diseño

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log(\mathbf{D} + 1) - 0,06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + 1,624 \times 10^7 / (\mathbf{D} + 1)^{8,46}} + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (\mathbf{D}^{0,75} - 1,132)}{215,63 J [\mathbf{D}^{0,75} - 18,42 / (E_c / k)^{0,25}]} \right\}$$

Artificio

$$0 = Z_R S_0 + 7,35 \log(\mathbf{D} + 1) - 0,06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + 1,624 \times 10^7 / (\mathbf{D} + 1)^{8,46}} + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (\mathbf{D}^{0,75} - 1,132)}{215,63 J [\mathbf{D}^{0,75} - 18,42 / (E_c / k)^{0,25}]} \right\} - \log W_{18}$$

Artificio (continuación)

$$f(D) = Z_R S_0 + 7,35 \log(\mathbf{D} + 1) - 0,06 + \frac{\log[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + 1,624 \times 10^7 / (\mathbf{D} + 1)^{8,46}} \\ + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (\mathbf{D}^{0,75} - 1,132)}{215,63 J [\mathbf{D}^{0,75} - 18,42 / (E_c / k)^{0,25}]} \right\} - \log W_{18}$$



Una automatización importante adicional no muy comentada en libros de texto...

Confiabilidad, probabilidad de falla y desviación estándar normal

$$p = 1 - R$$

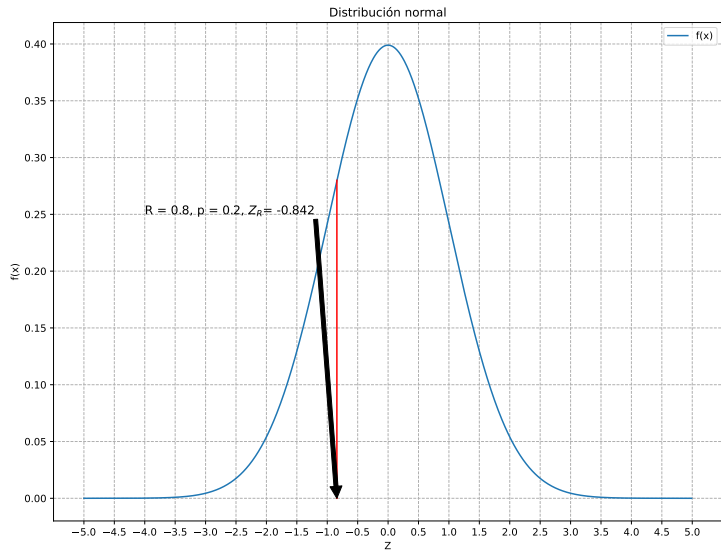
$$Z_R = \text{INV.NORM}(1 - R, 0, 1) = \text{INV.NORM}(p, 0, 1)$$

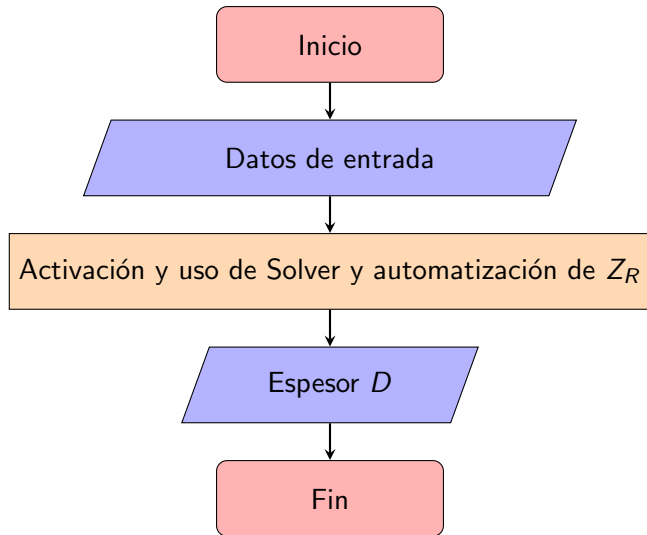
Donde:

R Confiabilidad

p Probabilidad de falla

Z_R Desviación estándar normal



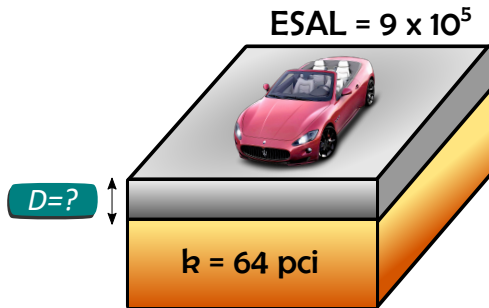


Ejemplo

Diseñe un pavimento rígido de una sola capa por el método AASHTO 93 en Excel. Los datos del tráfico y suelo subrasante son los siguientes:

$$ESAL = W_{18} = 9 \times 10^5$$

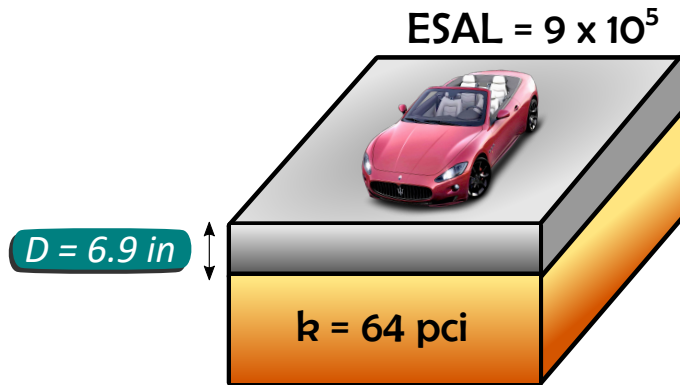
$$k = 64 \text{ pci}$$



Ejemplo

Datos adicionales:

Variable	Símbolo	Valor
Módulo de elasticidad	E_c	$3,6 \times 10^6 \text{ psi}$
Módulo de ruptura	S_c	615 psi
Coeficiente de transferencia de carga	J	3,2
Coeficiente de drenaje	C_d	1,0
Cambio de serviciabilidad	ΔPSI	2,10
Desviación estándar normal	Z_R	-0,842
Error estándar combinado	S_0	0,35



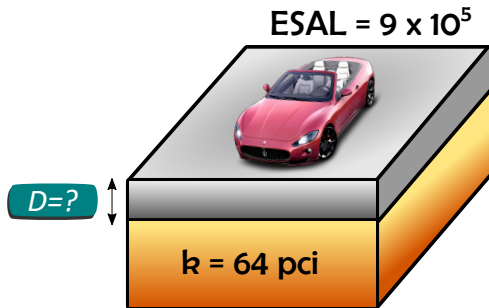
Ejercicio propuesto



Diseñe un pavimento rígido de una sola capa por el método AASHTO 93 en Excel. Los datos del tráfico y suelo subrasante son los siguientes:

$$ESAL = W_{18} = 9 \times 10^5$$

$$k = 64 \text{ pci}$$





Datos adicionales:

Variable	Símbolo	Valor
Módulo de elasticidad	E_c	$3,6 \times 10^6 \text{ psi}$
Módulo de ruptura	S_c	615 psi
Coeficiente de transferencia de carga	J	3,2
Coeficiente de drenaje	C_d	1,0
Cambio de serviciabilidad	ΔPSI	2,10
Confiabilidad	R	90 %
Error estándar combinado	S_0	0,35



Hora de responder algunas preguntas...

Kahoot!

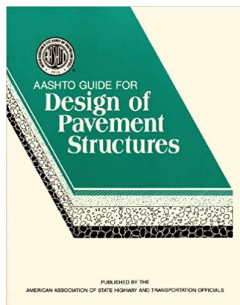


- 1 La ecuación final de diseño es una ecuación en la que no se puede despejar el espesor D .
- 2 La herramienta Solver de Excel facilita la solución de la ecuación final de diseño.
- 3 La desviación estándar normal es un parámetro que depende de la confiabilidad y que puede ser obtenido mediante la función $INV.NORM(1 - R, 0, 1)$.
- 4 A mayor confiabilidad \uparrow , mayor espesor \uparrow y menor probabilidad de falla \downarrow .

Número de ejes equivalentes	$W_{18} \uparrow$	$D \uparrow$
Módulo de reacción de la subrasante	$k \downarrow$	
Confiabilidad	$R \uparrow$	
Resistencia del concreto	$f'_c \downarrow$	
Cambio de serviciabilidad	$\Delta PSI \downarrow$	



- American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. AASHTO.





- Rondón, H. A. & Reyes, F. A. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Editorial Macro & Ecoe Ediciones.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Pearson.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. MTC.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2012). *CE. 010 Pavimentos urbanos*. MVCS.