

Diseño de Pavimento, Apilamiento de contenedores

1. Materiales

Surasante

$$CBR_{sr} := 7 \%$$

Sub-base: roca triturada

$$CBR_{sb} := 80\%$$

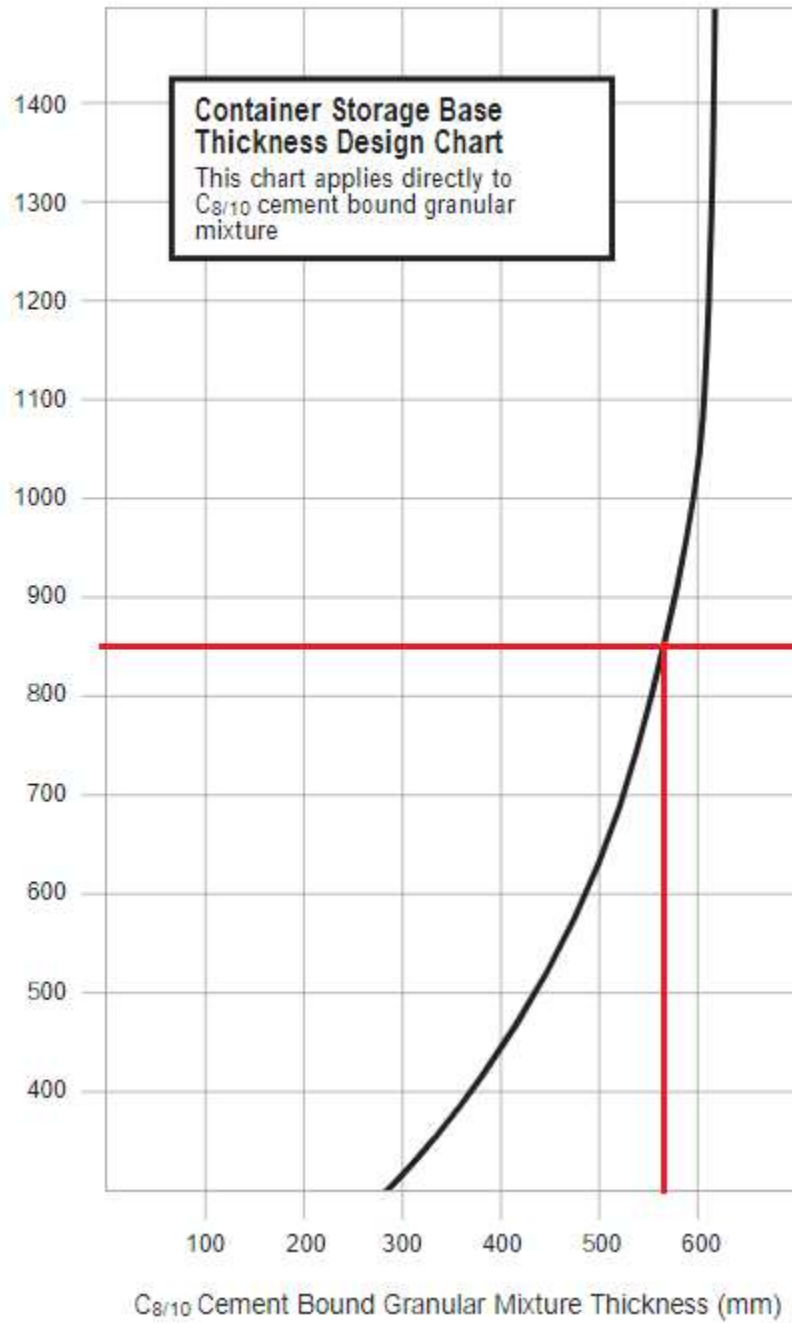
Base: Cement treated base (10MPa)

2. Cargas aplicadas sobre el pavimento

Stacking Height	Reduction in Gross Weight	Contact Stress (N/mm ²)	Load on Pavement (kN) for each stacking arrangement		
			Singly	Rows	Blocks
1	0	2.59	76.2	152.4	304.8
2	10%	4.67	137.2	274.3	548.6
3	20%	6.23	182.9	365.8	731.5
4	30%	7.27	213.4	426.7	853.4
5	40%	7.78	228.6	457.2	914.4
6	40%	9.33	274.3	548.6	1097
7	40%	10.9	320.0	640.0	1280
8	40%	12.5	365.8	731.6	1463

Estimación de espesores

Single Equivalent Wheel Load (kN)



$t_{req} := 560\text{mm}$, se utiliza 600mm

Estimación de sub-base

CBR	Capping thickness (mm)	Subbase thickness (mm)
1%	600	150
2%	350	150
3%	250	150
5%-7%	Not required	225
>7%	Not required	150

Table of foundation thicknesses for pavements on various strength subgrades.

$t_{\text{subbase}} := 150\text{mm}$

Diseño de Pavimento, Calles internas Puerto Caldera

1. Materiales

Surasante

$$CBR_{sr} := 7 \%$$

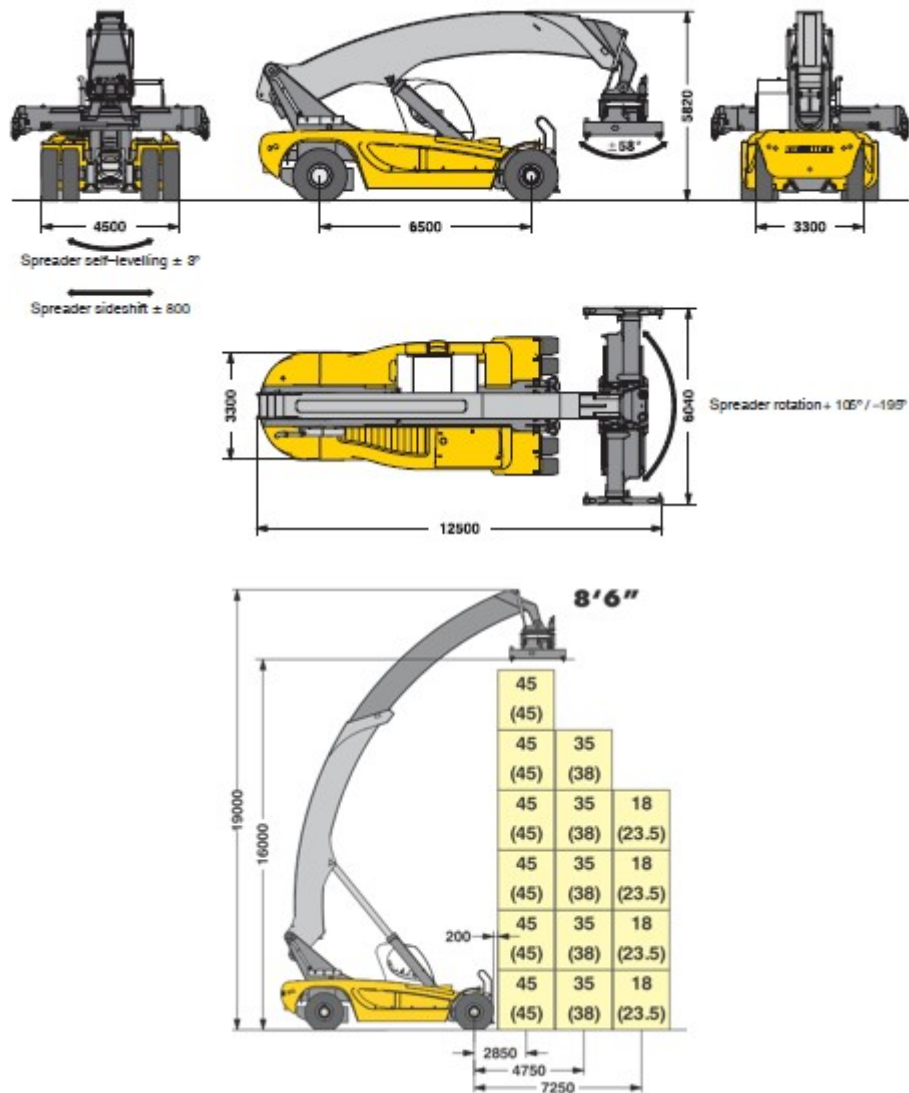
Sub-base: roca triturada

$$CBR_{sb} := 80\%$$

Base: Cement treated base (10MPa)

2. Cargas aplicadas sobre el pavimento

2.1 Reach Stacker LRS 645



$$X_T := \frac{6.5\text{m}}{2} = 3.25\text{ m}$$

$$X_{1m} := 2.85\text{m}$$

$$X_{2m} := 6.5\text{m} + X_{1m} = 9.35\text{ m}$$

$$X_{1e} := 7.25\text{m}$$

$$X_{2e} := 6.5\text{m} + X_{1e} = 13.75\text{ m}$$

$$A_{1m} := \frac{-X_{2m}}{X_{1m} - X_{2m}} = 1.438$$

$$A_{1e} := \frac{-X_{2e}}{X_{1e} - X_{2e}} = 2.115$$

$$A_{2m} := \frac{X_{1m}}{X_{2m} - X_{1m}} = 0.438$$

$$A_{2e} := \frac{X_{1e}}{X_{2e} - X_{1e}} = 1.115$$

Sin Carga

Eje trasero $E_{t_{rs1}} := 36100\text{kgf}$

Eje delantero $E_{d_{rs1}} := 32700\text{kgf}$

Con Carga

Peso del contenedor $W_c := 0\text{kgf}$

En movimiento

Eje trasero $E_{t_{rsm}} := A_{2m} \cdot W_c + E_{t_{rs1}} = 3.61 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Eje delantero $E_{d_{rsm}} := A_{1m} \cdot W_c + E_{d_{rs1}} = 3.27 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Estático

Eje trasero $E_{t_{rse}} := A_{2e} \cdot W_c + E_{t_{rs1}} = 3.61 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Eje delantero $E_{d_{rse}} := A_{1e} \cdot W_c + E_{d_{rs1}} = 3.27 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Profundidad efectiva	$300 \cdot \sqrt[3]{\frac{35000}{\text{CBR}_{\text{sr}} \cdot 10}} \cdot \text{mm} = 2.381 \times 10^3 \cdot \text{mm}$
Separación entre centros de ruedas	600mm
Factor de proximidad de llanta eje delantero	$\text{Fp}_d := 1 + 0.91 + 0 + 0 = 1.91$
Factor de proximidad de llanta eje trasero	$\text{Fp}_t := 1 + 0 = 1$
Factores de operación	
Factor por frenado	$\text{fd}_f := 0.30$
Factor por aceleración	$\text{fd}_a := 0.10$
Factor por esquina	$\text{fd}_e := 0.40$
Factor por superficie irregular	$\text{fd}_{\text{si}} := 0.20$
Casos de operación	
Frenado, esquina, superficie irregular	
$\text{fd}_{d1} := \text{fd}_f + \text{fd}_e + \text{fd}_{\text{si}} = 0.9$	eje delantero
$\text{fd}_{t1} := -\text{fd}_f + \text{fd}_e + \text{fd}_{\text{si}} = 0.3$	eje trasero
Acelerado, superficie irregular	
$\text{fd}_{d2} := \text{fd}_a + \text{fd}_e + \text{fd}_{\text{si}} = 0.7$	eje delantero
$\text{fd}_{t2} := \text{fd}_a + \text{fd}_e + \text{fd}_{\text{si}} = 0.7$	eje trasero
$\text{fd}_d := \max(\text{fd}_{d1}, \text{fd}_{d2}) = 0.9$	
$\text{fd}_t := \max(\text{fd}_{t1}, \text{fd}_{t2}) = 0.7$	
Carga de llanta equivalente (SEWL)	
En movimiento	
Eje trasero	$\text{RS}_{\text{tm}} := \frac{\text{Et}_{\text{rsm}}}{2} \cdot \text{Fp}_t \cdot (1 + \text{fd}_t) = 3.068 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$
Eje delantero	$\text{RS}_{\text{dm}} := \frac{\text{Ed}_{\text{rsm}}}{4} \cdot \text{Fp}_d \cdot (1 + \text{fd}_d) = 2.967 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$
Estático	

Eje trasero $RS_{te} := \frac{Et_{rse}}{2} \cdot Fp_t = 1.805 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

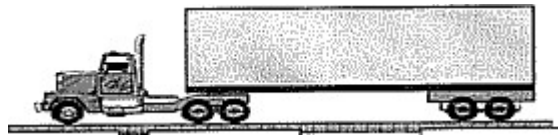
Eje delantero $RS_{de} := \frac{Ed_{rse}}{4} \cdot Fp_d = 1.561 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

2.2 Camión tipo T3-S2

Eje trasero $Et_c := 7000 \text{kgf}$

Eje medio $Em_c := 17000 \text{kgf}$

Eje delantero $Ed_c := 17000 \text{kgf}$



Profundidad efectiva $300 \cdot \sqrt[3]{\frac{35000}{CBR_{sr} \cdot 10}} \cdot \text{mm} = 2.381 \times 10^3 \cdot \text{mm}$

Factor de proximidad de llanta eje delantero $Fp_d := 1 + 0.47 = 1.47$

Factor de proximidad de llanta eje central $Fp_c := (1 + 0.98 + 0.47 + 0.34) \cdot (1 + 0.65) = 4.603$

Factor de proximidad de llanta eje trasero $Fp_t := (1 + 0.98 + 0.47 + 0.34) \cdot (1 + 0.65) = 4.603$

Factor de operación

Factor por frenado $fd_f := 0.10$

Factor por aceleración $fd_a := 0.10$

Factor por operación en esquina $fd_e := 0.30$

Factor por superficie irregular $fd_{si} := 0.20$

Casos de operación

Frenado, esquina, superficie irregular

$fd_{dl} := fd_f + fd_e + fd_{si} = 0.6$

eje delantero

$$fd_{t1} := -fd_f + fd_e + fd_{si} = 0.4$$

eje trasero y central

Acelerado, superficie irregular

$$fd_{d2} := fd_a + fd_e + fd_{si} = 0.6$$

eje delantero

$$fd_{t2} := fd_a + fd_e + fd_{si} = 0.6$$

eje trasero y central

$$fd_d := \max(fd_{d1}, fd_{d2}) = 0.6$$

$$fd_t := \max(fd_{t1}, fd_{t2}) = 0.6$$

Carga de llanta equivalnete (SEWL)

$$\text{Eje trasero} \quad TS_t := \frac{Et_c}{8} \cdot Fp_t \cdot (1 + fd_t) = 6.445 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje central} \quad TS_c := \frac{Em_c}{8} \cdot Fp_c \cdot (1 + fd_t) = 1.565 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje delantero} \quad TS_d := \frac{Ed_c}{2} \cdot Fp_d \cdot (1 + fd_d) = 1.999 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

SEWL máximo

$$SEWL_{\max} := \max(RS_{tm}, RS_{dm}, RS_{te}, RS_{de}, TS_t, TS_c, TS_d) = 3.068 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

Factor de pasadas con base en la carga máxima, según daño generado

$$F_{RS} := \left(\frac{RS_{tm}}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{RS_{dm}}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} = 1.881$$

$$F_{TS} := \left(\frac{TS_t}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{TS_c}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{TS_d}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} = 0.284$$

$$TPD_{RS} := 125$$

$$TPD_{TS} := 1000$$

$$TPD_{eqv} := F_{RS} \cdot TPD_{RS} + F_{TS} \cdot TPD_{TS} = 518.681$$

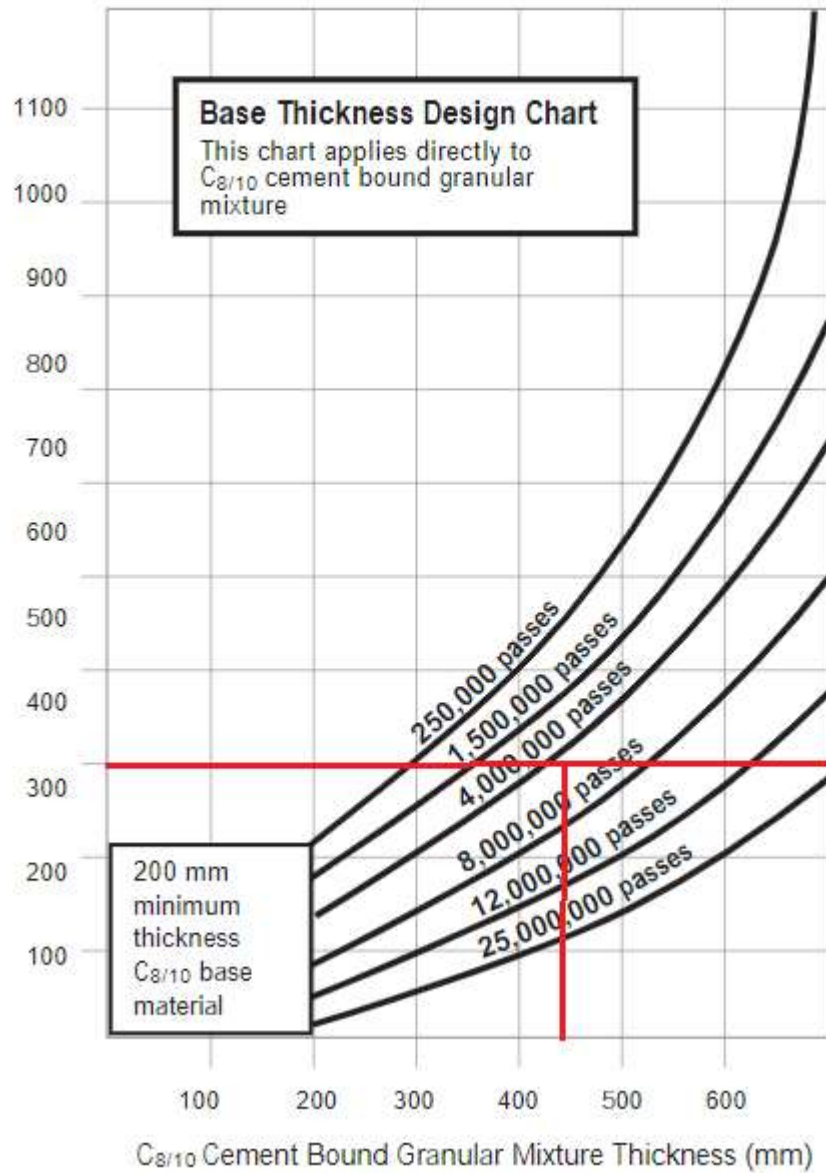
Estimación de espesor

$$\text{Vida útil} \quad V_u := 25 \quad \text{años}$$

Número de pases $P := \text{TPD}_{\text{eqv}} \cdot V_u \cdot 365 = 4.733 \times 10^6$

$\text{SEWL}_{\text{max}} = 300.917 \cdot \text{kN}$

Single Equivalent Wheel Load (kN)



$t_{\text{req}} := 450 \text{ mm}$

Para homogeneizar la estructura de pavimentos en la zona de los patios se utiliza 600mm

Estimación de sub-base

CBR	Capping thickness (mm)	Subbase thickness (mm)
1%	600	150
2%	350	150
3%	250	150
5%-7%	Not required	225
>7%	Not required	150

Table of foundation thicknesses for pavements on various strength subgrades.

$t_{\text{subbase}} := 150\text{mm}$

Diseño de Pavimento, Patios con reach stacker Puerto Caldera

1. Materiales

Surasante

$$CBR_{sr} := 7 \%$$

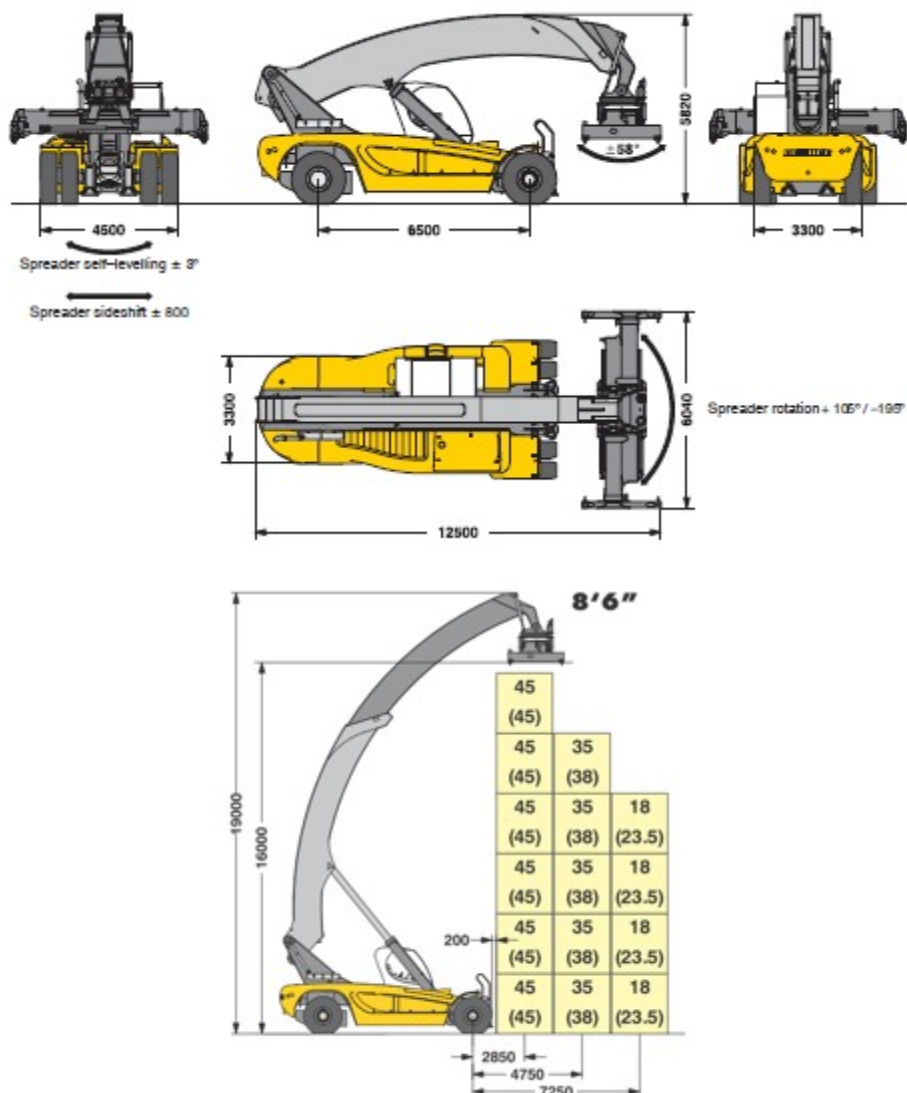
Sub-base: roca triturada

$$CBR_{sb} := 80\%$$

Base: Cement treated base (10MPa)

2. Cargas aplicadas sobre el pavimento

2.1 Reach Stacker LRS 645



$$X_T := \frac{6.5\text{m}}{2} = 3.25\text{ m} \quad X_{1m} := 2.85\text{m} \quad X_{2m} := 6.5\text{m} + X_{1m} = 9.35\text{ m}$$

$$X_{1e} := 7.25\text{m} \quad X_{2e} := 6.5\text{m} + X_{1e} = 13.75\text{ m}$$

$$A_{1m} := \frac{-X_{2m}}{X_{1m} - X_{2m}} = 1.438$$

$$A_{1e} := \frac{-X_{2e}}{X_{1e} - X_{2e}} = 2.115$$

$$A_{2m} := \frac{X_{1m}}{X_{2m} - X_{1m}} = 0.438$$

$$A_{2e} := \frac{X_{1e}}{X_{2e} - X_{1e}} = 1.115$$

Sin Carga

$$\text{Eje trasero} \quad E_{t_{rs1}} := 36100\text{kgf}$$

$$\text{Eje delantero} \quad E_{d_{rs1}} := 32700\text{kgf}$$

Con Carga

$$\text{Peso del contenedor} \quad W_c := 22000\text{kgf}$$

En movimiento

$$\text{Eje trasero} \quad E_{t_{rsm}} := A_{2m} \cdot W_c + E_{t_{rs1}} = 4.575 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje delantero} \quad E_{d_{rsm}} := A_{1m} \cdot W_c + E_{d_{rs1}} = 6.435 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

Estático

$$\text{Eje trasero} \quad E_{t_{rse}} := A_{2e} \cdot W_c + E_{t_{rs1}} = 6.064 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje delantero} \quad E_{d_{rse}} := A_{1e} \cdot W_c + E_{d_{rs1}} = 7.924 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

Profundidad efectiva $300 \cdot \sqrt[3]{\frac{35000}{\text{CBR}_{\text{sr}} \cdot 10}} \cdot \text{mm} = 2.381 \times 10^3 \cdot \text{mm}$

Separación entre centros de ruedas 600mm

Factor de proximidad de llanta eje delantero $\text{Fp}_d := 1 + 0.91 + 0 + 0 = 1.91$

Factor de proximidad de llanta eje trasero $\text{Fp}_t := 1 + 0 = 1$

Factores de operación

Factor por frenado $\text{fd}_f := 0.30$

Factor por aceleración $\text{fd}_a := 0.10$

Factor por esquina $\text{fd}_e := 0.40$

Factor por superficie irregular $\text{fd}_{si} := 0.20$

Casos de operación

Frenado, esquina, superficie irregular

$\text{fd}_{d1} := \text{fd}_f + \text{fd}_e + \text{fd}_{si} = 0.9$ eje delantero

$\text{fd}_{t1} := -\text{fd}_f + \text{fd}_e + \text{fd}_{si} = 0.3$ eje trasero

Acelerado, superficie irregular

$\text{fd}_{d2} := \text{fd}_a + \text{fd}_e + \text{fd}_{si} = 0.7$ eje delantero

$\text{fd}_{t2} := \text{fd}_a + \text{fd}_e + \text{fd}_{si} = 0.7$ eje trasero

$\text{fd}_d := \max(\text{fd}_{d1}, \text{fd}_{d2}) = 0.9$

$\text{fd}_t := \max(\text{fd}_{t1}, \text{fd}_{t2}) = 0.7$

Carga de llanta equivalnete (SEWL)

En movimiento

Eje trasero $\text{RS}_{\text{tm}} := \frac{\text{Et}_{\text{rsm}}}{2} \cdot \text{Fp}_t \cdot (1 + \text{fd}_t) = 3.888 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Eje delantero $\text{RS}_{\text{dm}} := \frac{\text{Ed}_{\text{rsm}}}{4} \cdot \text{Fp}_d \cdot (1 + \text{fd}_d) = 5.838 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

Estático

Eje trasero $RS_{te} := \frac{Et_{rse}}{2} \cdot Fp_t = 3.032 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

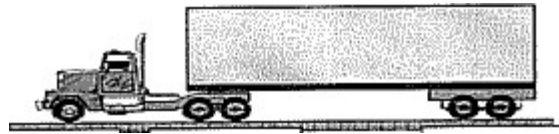
Eje delantero $RS_{de} := \frac{Ed_{rse}}{4} \cdot Fp_d = 3.784 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$

2.2 Camión tipo T3-S2

Eje trasero $Et_c := 7000 \text{kgf}$

Eje medio $Em_c := 17000 \text{kgf}$

Eje delantero $Ed_c := 17000 \text{kgf}$



Profundidad efectiva $300 \cdot \sqrt[3]{\frac{35000}{CBR_{sr} \cdot 10}} \cdot \text{mm} = 2.381 \times 10^3 \cdot \text{mm}$

Factor de proximidad de llanta eje delantero $Fp_d := 1 + 0.47 = 1.47$

Factor de proximidad de llanta eje central $Fp_c := (1 + 0.98 + 0.47 + 0.34) \cdot (1 + 0.65) = 4.603$

Factor de proximidad de llanta eje trasero $Fp_t := (1 + 0.98 + 0.47 + 0.34) \cdot (1 + 0.65) = 4.603$

Factor de operación

Factor por frenado $fd_f := 0.10$

Factor por aceleración $fd_a := 0.10$

Factor por operación en esquina $fd_e := 0.30$

Factor por superficie irregular $fd_{si} := 0.20$

Casos de operación

Frenado, esquina, superficie irregular

$fd_{dl} := fd_f + fd_e + fd_{si} = 0.6$

eje delantero

$$fd_{tl} := -fd_f + fd_e + fd_{si} = 0.4$$

eje trasero y central

Acelerado, superficie irregular

$$fd_{d2} := fd_a + fd_e + fd_{si} = 0.6$$

eje delantero

$$fd_{t2} := fd_a + fd_e + fd_{si} = 0.6$$

eje trasero y central

$$fd_d := \max(fd_{d1}, fd_{d2}) = 0.6$$

$$fd_t := \max(fd_{t1}, fd_{t2}) = 0.6$$

Carga de llanta equivalnete (SEWL)

$$\text{Eje trasero} \quad TS_t := \frac{Et_c}{8} \cdot Fp_t \cdot (1 + fd_t) = 6.445 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje central} \quad TS_c := \frac{Em_c}{8} \cdot Fp_c \cdot (1 + fd_t) = 1.565 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{Eje delantero} \quad TS_d := \frac{Ed_c}{2} \cdot Fp_d \cdot (1 + fd_d) = 1.999 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

SEWL máximo

$$SEWL_{\max} := \max(RS_{tm}, RS_{dm}, RS_{te}, RS_{de}, TS_t, TS_c, TS_d) = 5.838 \times 10^4 \cdot \text{kgf}$$

Factor de pasadas con base en la carga máxima, según daño generado

$$F_{RS} := \left(\frac{RS_{tm}}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{RS_{dm}}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} = 1.218$$

$$F_{TS} := \left(\frac{TS_t}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{TS_c}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} + \left(\frac{TS_d}{SEWL_{\max}} \right)^{3.75} = 0.025$$

$$TPD_{RS} := 30$$

$$TPD_{TS} := 30$$

$$TPD_{eqv} := F_{RS} \cdot TPD_{RS} + F_{TS} \cdot TPD_{TS} = 37.299$$

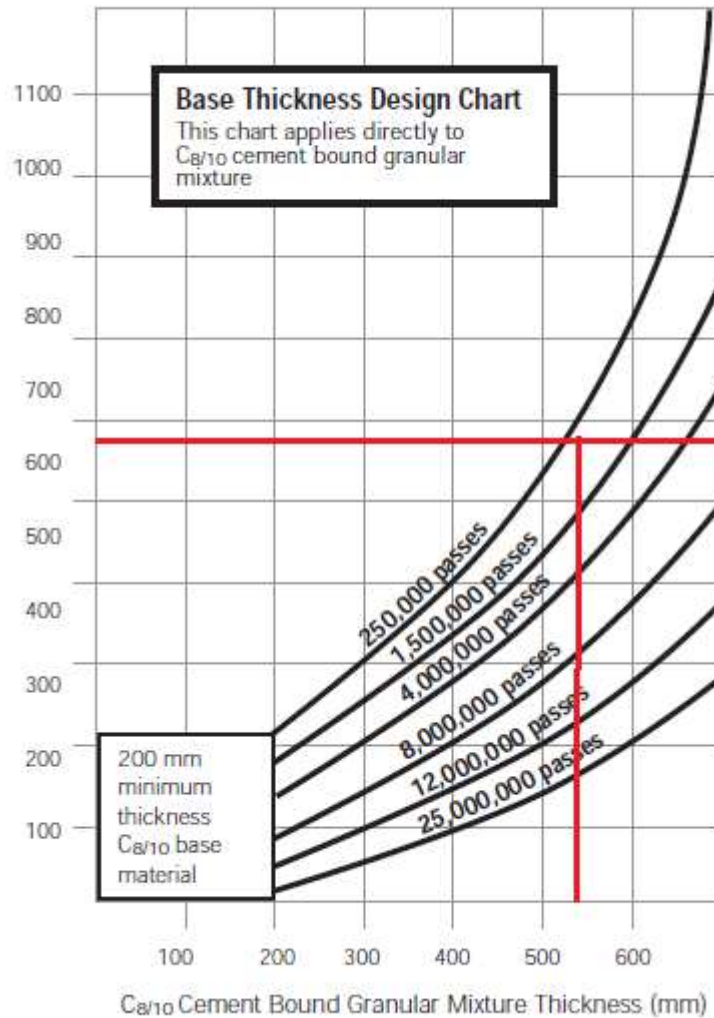
Estimación de espesor

$$\text{Vida útil} \quad V_u := 25 \text{ años}$$

Número de pases $P := \text{TPD}_{\text{eqv}} \cdot V_u \cdot 365 = 3.404 \times 10^5$

$\text{SEWL}_{\text{max}} = 572.493 \cdot \text{kN}$

Single Equivalent Wheel Load (kN)



$t_{\text{req}} := 550 \text{ mm}$, se utiliza 600mm

Estimación de sub-base

CBR	Capping thickness (mm)	Subbase thickness (mm)
1%	600	150
2%	350	150
3%	250	150
5%-7%	Not required	225
>7%	Not required	150

Table of foundation thicknesses for pavements on various strength subgrades.

$t_{\text{subbase}} := 150 \text{ mm}$