



O CALCULISTA DE AÇO

www.calculistadeaco.com.br

CONCEPÇÃO DE ESTRUTURAS LIGHT STEEL FRAMING

PAULO ROBERTO MARCONDES DE CARVALHO

10/ JUL / 2020



Light Steel Framing

(Estrutura de aço leve/fino)

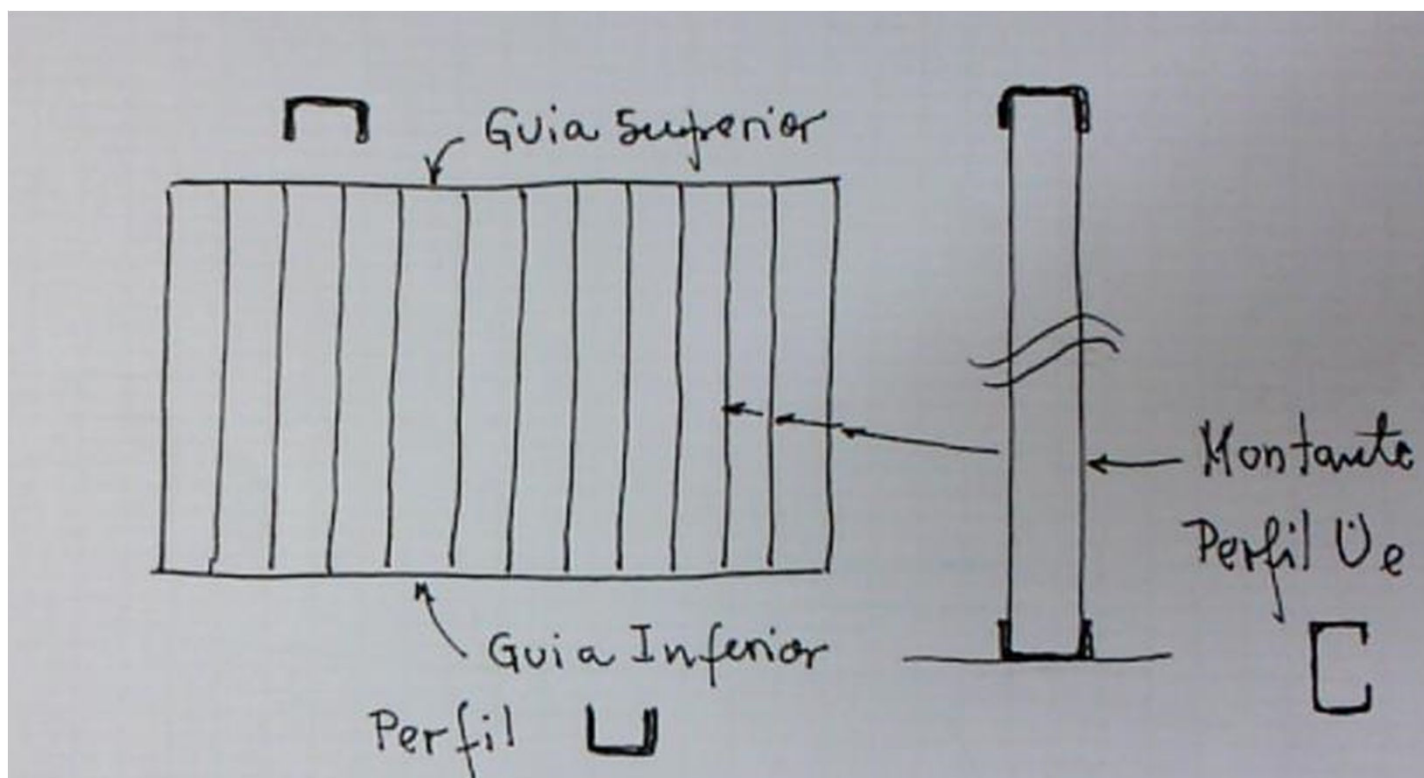
O **Light Steel Framing (LSF)**, assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo que tem como principal característica ser formada uma estrutura constituída por perfis formados a frio, de aço galvanizado, unidos entre si por parafusos auto perfurantes e dispostos, um ao lado do outro, numa modulação densa, formando paredes (painéis estruturais) vigas de entrepiso e estruturas de telhado.

Interpretando a expressão “**Light Steel Framing**”, do inglês “**light** = leve / fino”, “**steel** = aço” e “**framing**” que deriva de “**frame** = estrutura, esqueleto, disposição” (Dicionário Michaelis, 1987), pode ser definida por: processo pelo qual se compõe um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando, estes, a funcionar em conjunto para resistir as cargas que solicitam a edificação e dando forma a mesma.



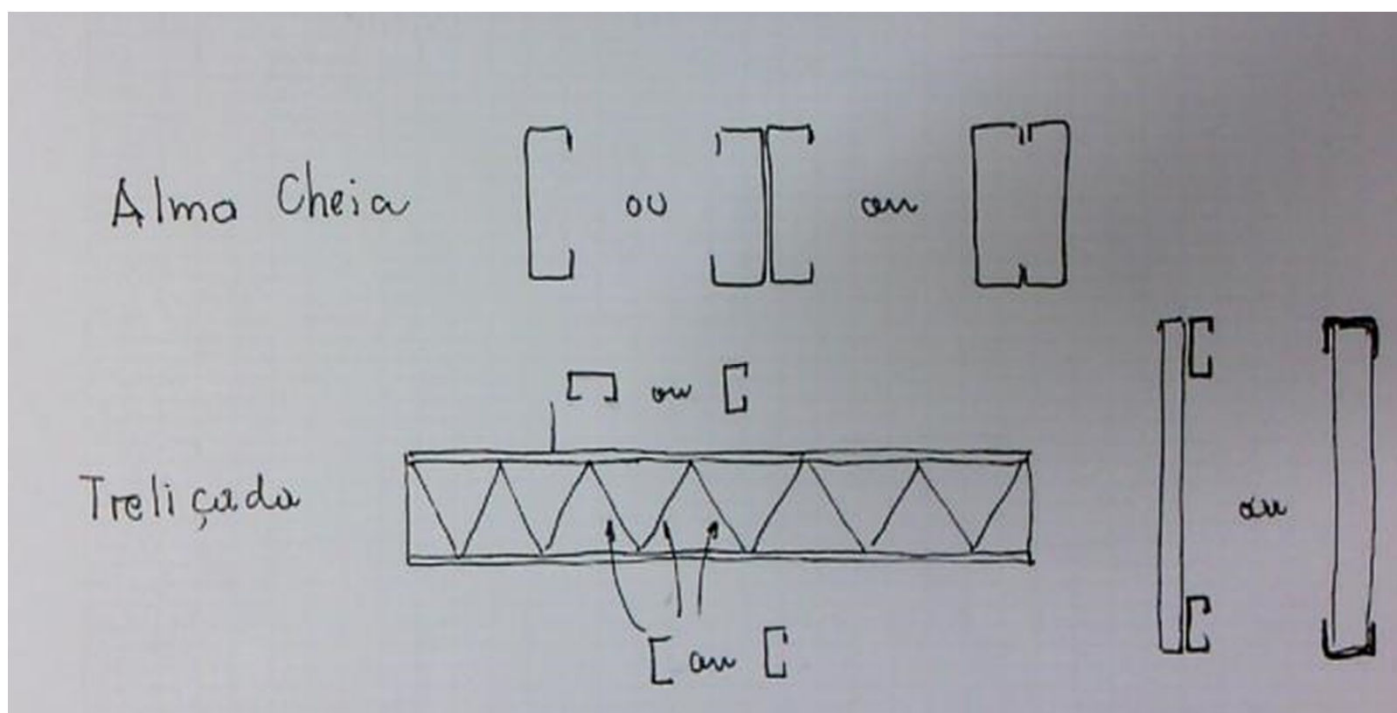
Composição do sistema construtivo Light Steel Framing

PAINÉIS (Paredes Portantes) - Guias e Montantes



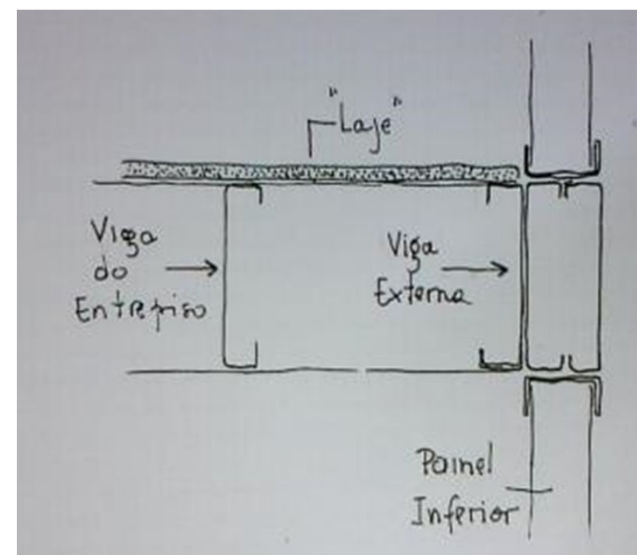
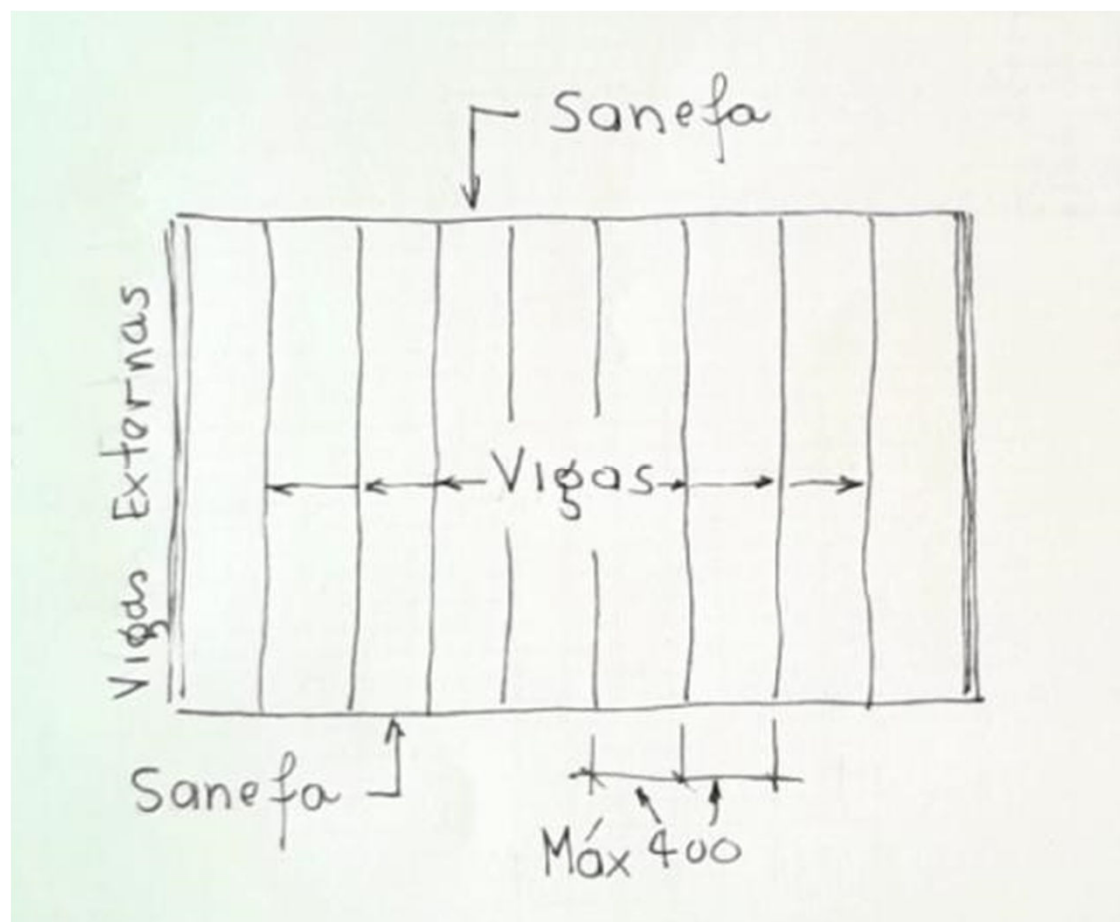


VIGAS DE ENTREPISOS





ENTREPISOS ~ PAINÉIS “DEITADOS”



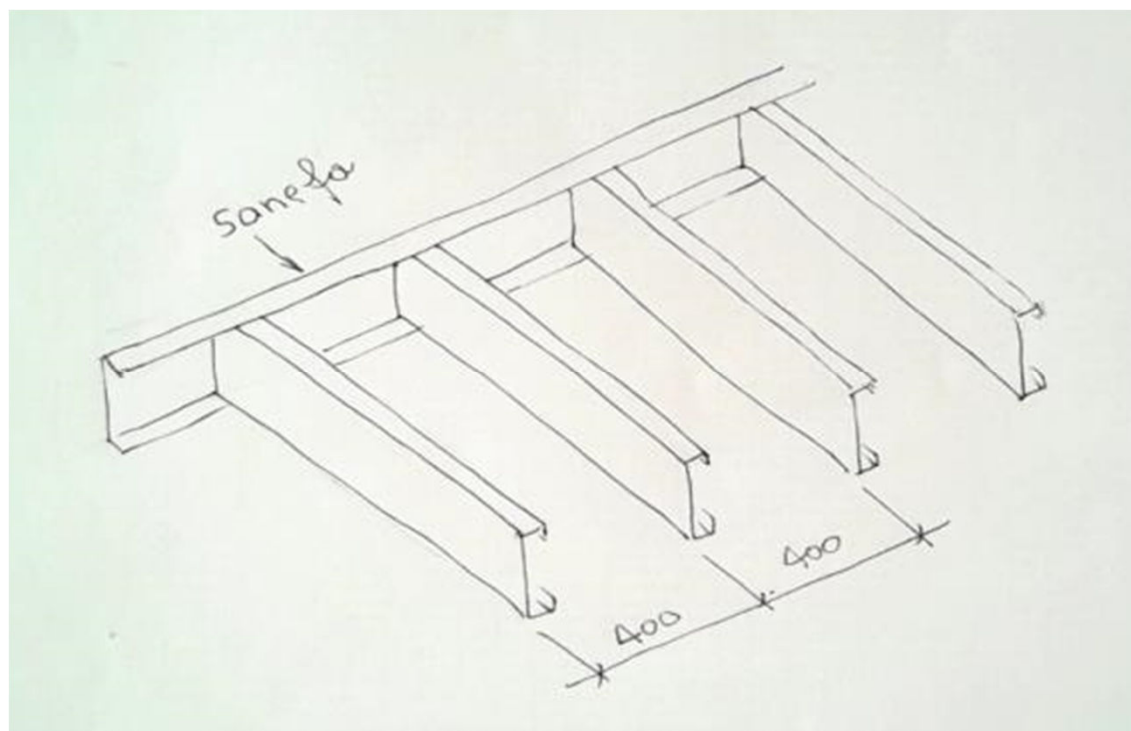


O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

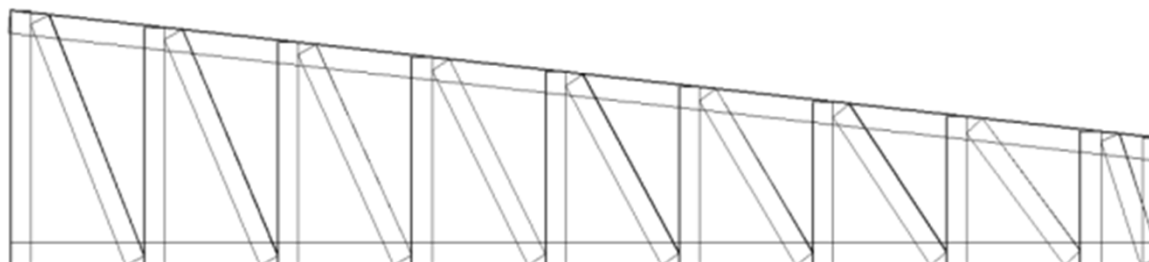
ENTREPISOS ~ PAINÉIS “DEITADOS”



CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



TELHADOS – Tesouras



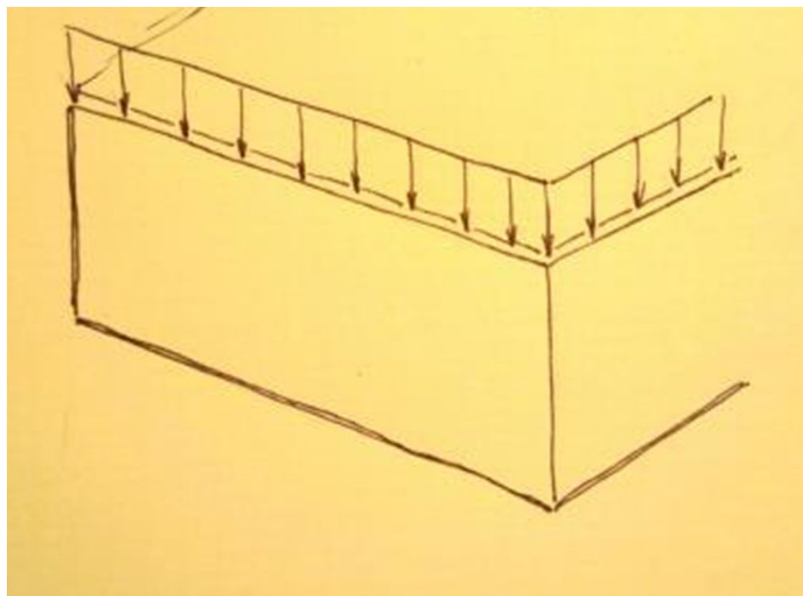
TELHADOS – terças



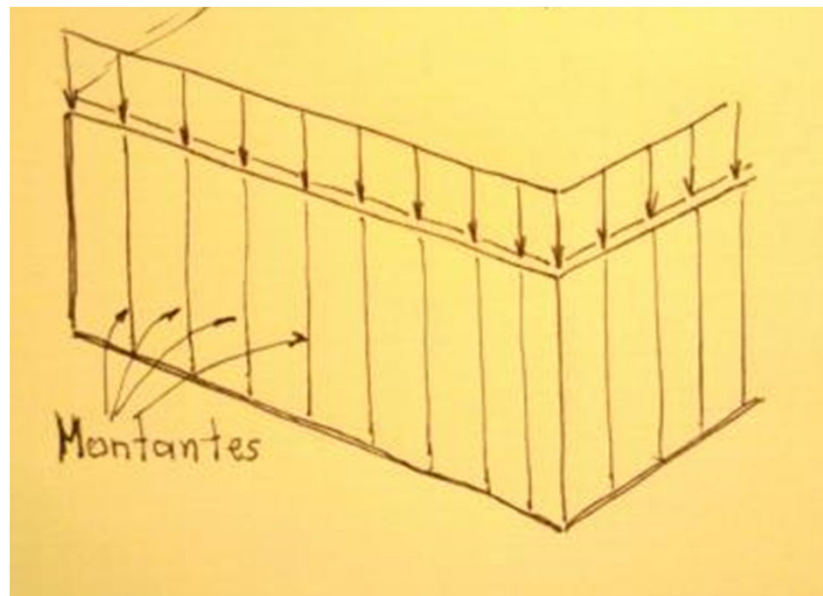
Cartola



Estruturalmente: um painel estrutural (uma parede LSF), formado por montantes dispostos lado a lado, é a discretização de uma parede estrutural em vários elementos, cada um sendo responsável por suportar seu quinhão de carga.



Parede portante de alvenaria



Painel portante de LSF



O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

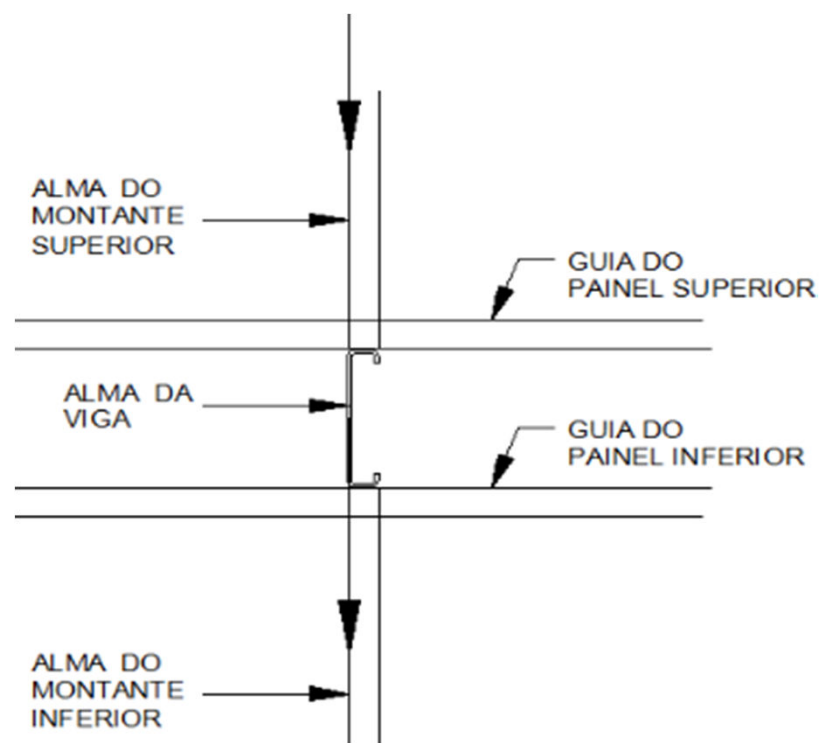
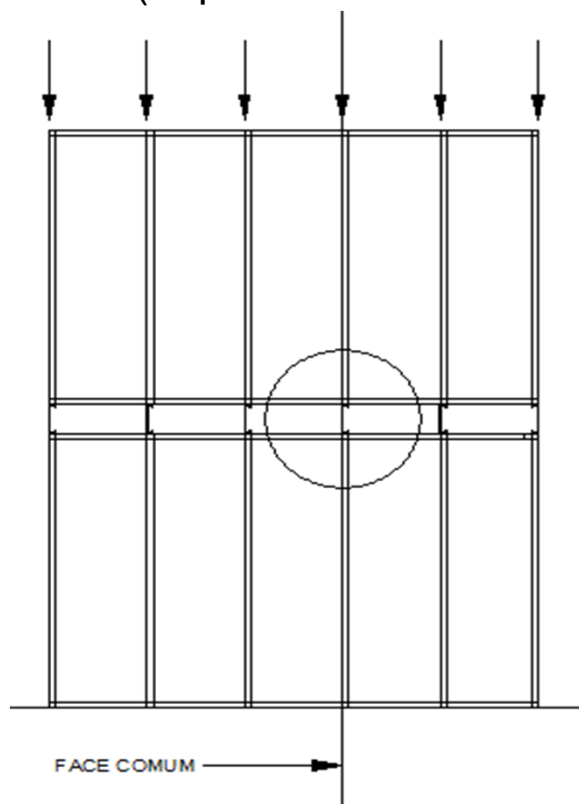
PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



Uma importante característica desse sistema é que os perfis de um painel devem estar alinhados com os perfis de painéis superiores, com as vigas de entrespisos e com os elementos da estrutura do telhado. Assim, na prumada de um perfil de uma edificação, o *fluxo do carregamento* estará alinhado com todos os perfis daquela prumada, percorrendo do topo do telhado à fundação numa só linha reta (o que define o termo ***in-line framing***).





O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

EMPLACAMENTO OSB - Complementa a estrutura de aço, o emplaceamento de OSB (placas de lâminas de madeira coladas) ou placas de madeira compensada.

Estas placas, com dimensões usuais de 1200 x 2400 mm, serão parafusadas na estrutura, servindo como base do revestimento externo.

Internamente a estrutura é revestida com placas de gesso, igualmente parafusadas na estrutura de aço



CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



Edificação com as placas OSB já aplicadas

CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



MODULAÇÃO DA ESTRUTURA

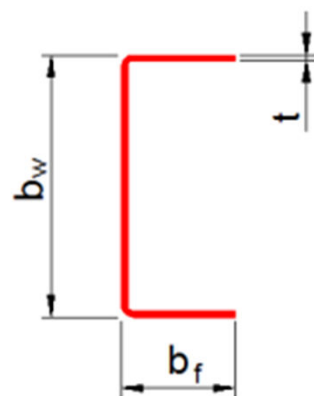
(Malha de referência para projeto)

A **MODULAÇÃO DA ESTRUTURA** (sub múltiplos de 2400 mm para afastamento entre montantes) depende da escolha do emplacamento a ser colocado e do nível de carregamento de cada edificação.

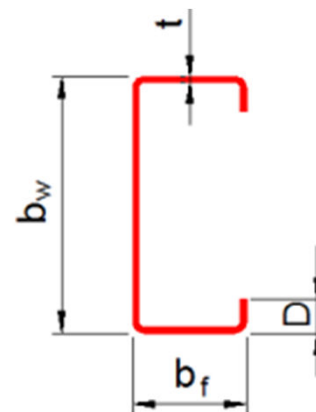
Para se projetar, usa-se, normalmente uma **MALHA DE REFERENCIA** quadriculada de 400 x 400mm ou de 600 x 600 mm para garantir o posicionamento de cada perfil, um acima do outro, em cada um dos níveis do projeto.



Perfis utilizados



Perfil U



Perfil Ue



Cartola



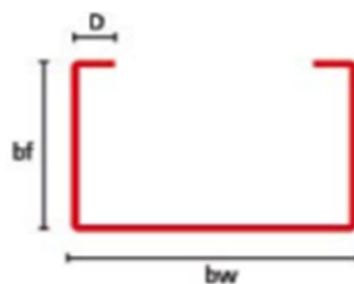
Cantoneira



Retangular



SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido Ue $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira



PERFIL UE

	Largura da alma bw (mm)	Largura da aba bf (mm)	Enrijecedor "D" (mm)	Espessura ex. revest. t (mm)	Raios r (mm)
61,5 x 0,80	61,5	40	12	0,76	1,20
61,5 x 0,95	61,5	40	12	0,91	1,43
70 x 0,80	70	40	12	0,76	1,20
70 x 0,95	70	40	12	0,91	1,43
90 x 0,80	90	40	12	0,76	1,20
90 x 0,95	90	40	12	0,91	1,43
90 x 1,25	90	40	12	1,21	1,88
100 x 0,95	100	40	12	0,91	1,43
100 x 1,25	100	40	12	1,21	1,88
140 x 0,95	140	40	12	0,91	1,43
140 x 1,25	140	40	12	1,21	1,88
200 x 0,95	200	40	14	0,91	1,43
200 x 1,29	200	40	14	1,25	1,92
200 x 1,64	200	40	14	1,60	2,46
250 x 1,64	250	40	14	1,60	2,46
250 x 2,04	250	40	14	2,00	3,06
250 x 2,54	250	40	14	2,50	3,81
300 x 2,04	300	40	14	2,00	3,06
300 x 2,54	300	40	14	2,50	3,81

Perfis Ue Comerciais

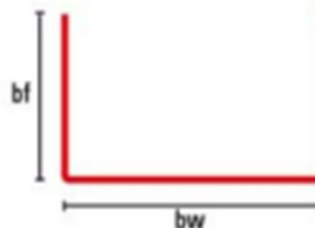
Fonte: <http://www.barbieridobrasil.com.br>



O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



PERFIL U

63,5 x 0,80	63,5	38	0,76	1,20	1,04	0,85
63,5 x 0,95	63,5	38	0,91	1,43	1,24	1,01
72 x 0,80	72	38	0,76	1,20	1,10	0,90
72 x 0,95	72	38	0,91	1,43	1,31	1,07
92 x 0,80	92	38	0,76	1,20	1,25	1,03
92 x 0,95	92	38	0,91	1,43	1,50	1,22
92 x 1,25	93	38	1,21	1,88	1,99	1,61
102 x 0,95	102	38	0,91	1,43	1,59	1,29
102 x 1,25	103	38	1,21	1,88	2,11	1,70
142 x 0,95	142	38	0,91	1,43	1,95	1,59
142 x 1,25	143	38	1,21	1,88	2,58	2,08
202 x 0,95	202	38	0,91	1,43	2,50	2,03
202 x 1,25	203	38	1,21	1,88	3,31	2,67
202 x 1,64	254	38	1,60	2,46	4,35	3,49
252 x 1,64	255	38	1,60	2,46	5,15	4,13
252 x 2,04	256	38	2,00	3,06	6,41	5,12
252 x 2,54	252	38	2,50	3,81	7,96	6,34
302 x 2,04	305	38	2,00	3,06	7,47	5,96
302 x 2,54	306	38	2,50	3,81	9,31	7,41

Perfis U Comerciais

Fonte: <http://www.barbieridobrasil.com.br>

CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



Parafusos Autoperfurantes

Sextavado



Cabeça Phillips



Para OSB



Para Placa Cimentícia

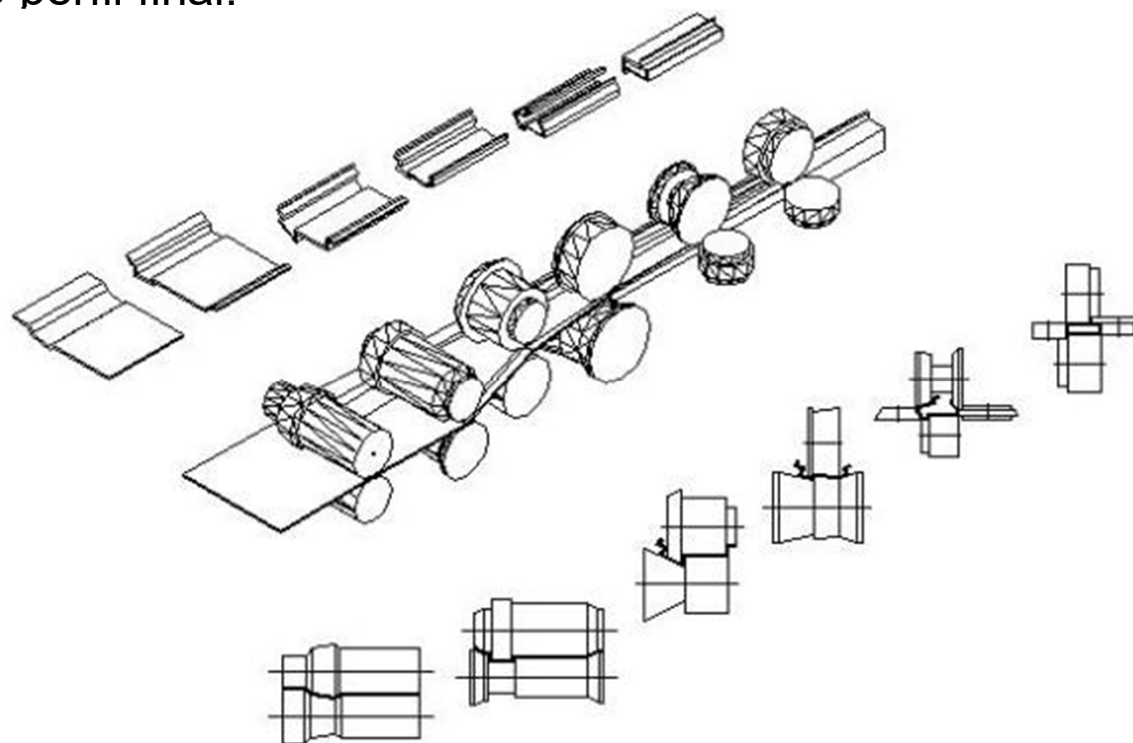




PRODUÇÃO DE PERFIS

· *Em perfiladeiras*

É um processo contínuo de produção de perfis que consiste em fazer uma tira de chapa passar por uma série de cilindros, cada um impondo uma operação de dobra na tira, até obter o perfil final.





Sistemas de construção da estrutura

PERFIS COMERCIAIS (ou Standart) – manuseio, corte, furações e alguns encaixes dos perfis são feitos manualmente

Vantagens – baixíssimo investimento, maior gama de dimensões de perfis, flexibilidade em alteração de projeto

Desvantagens – construção manual/artesanal

PERFIS ENGENHEIRADOS – Perfis fabricados numa perfiladeira com comando numérico, onde o corte, furações e encaixes perfis são feitos automaticamente.

Vantagens – construção industrializada, boa velocidade de execução, menor risco de erros de obra

Desvantagens – investimento alto, só uma dimensão de perfil, difícil adaptação à modificações ou erros de medida na obra.

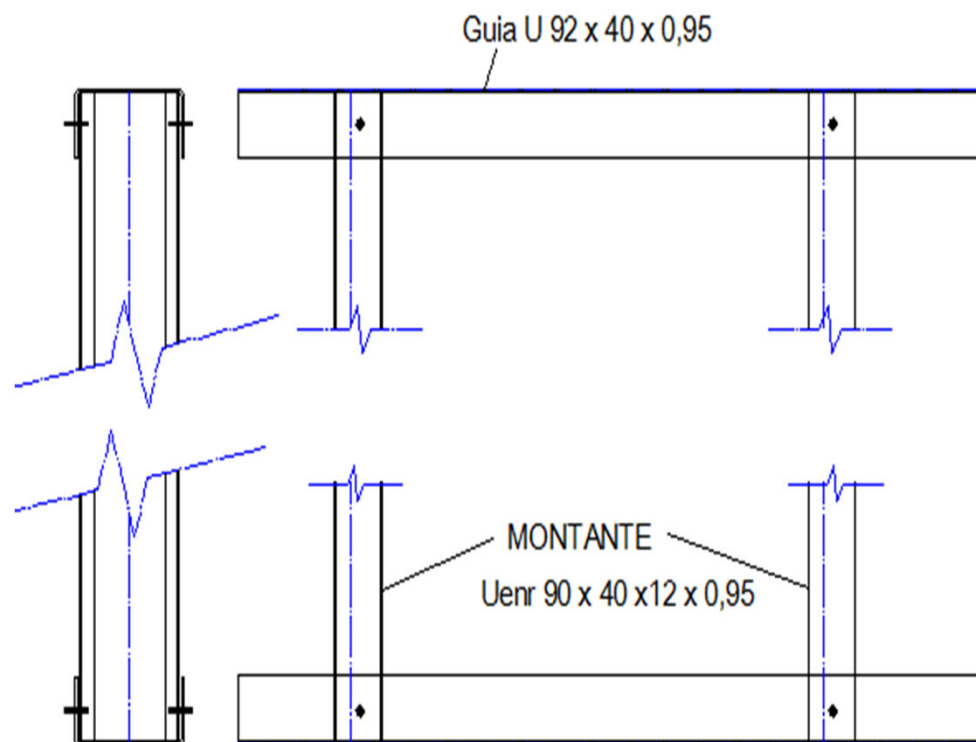


O CALCULISTA DE AÇO

INTRODUÇÃO

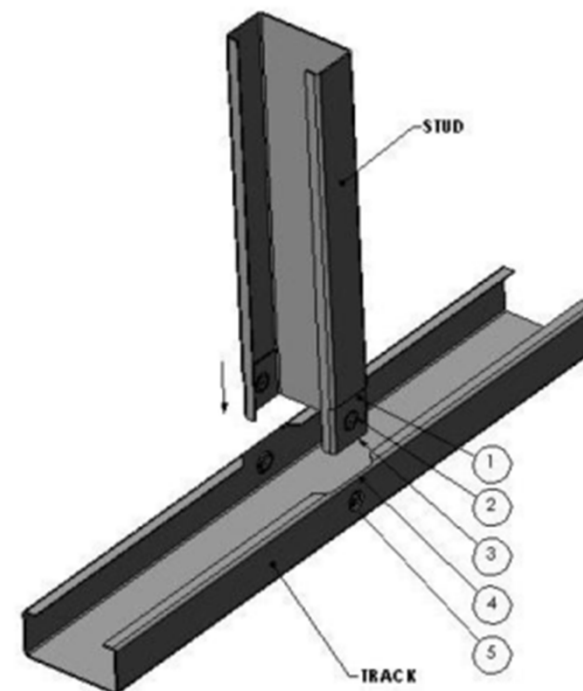
PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

COMPOSIÇÃO DE PAINÉIS



PERFIS COMERCIAIS

Perfis U + Ue

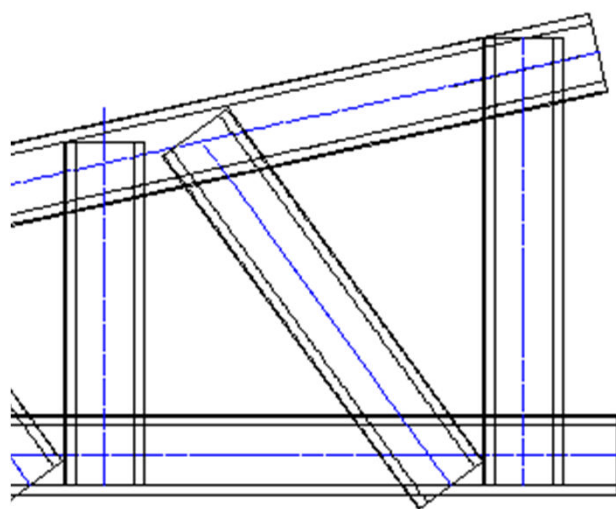


PERFIS ENGENHEIRADOS

Perfis Ue + Ue

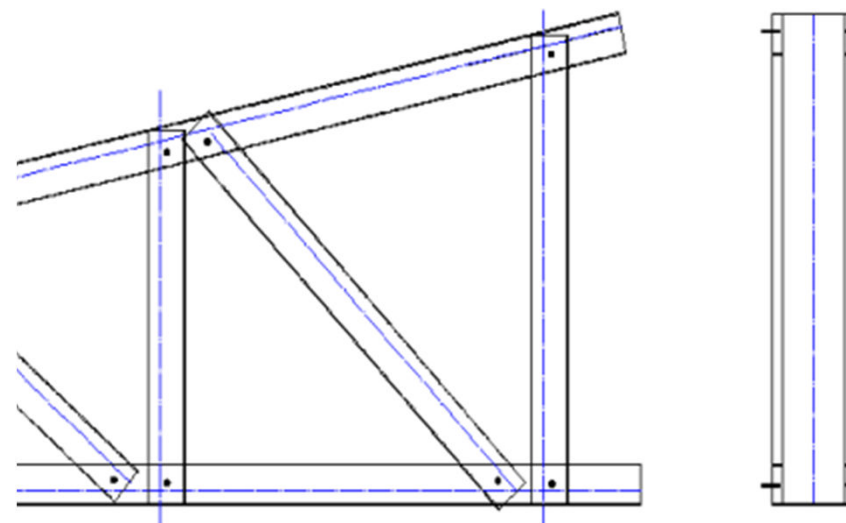
CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

COMPOSIÇÃO DE TRELIÇAS



TRELIÇAS - PERFIS COMERCIAIS

Perfis Ue de costas



TRELIÇAS - PERFIS ENGENHEIRADOS

Perfis Ue + Ue

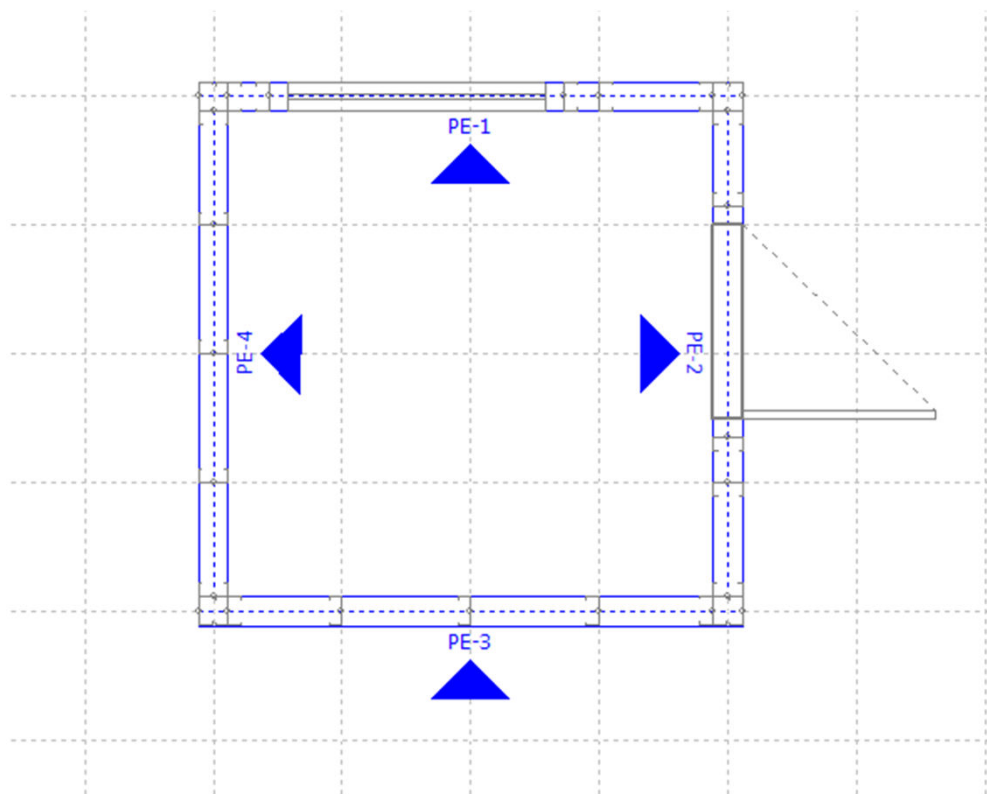


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

PROJETO ESTRUTURAL



- Geometria
- Modulação
- Malha Auxiliar
- Painéis

PROJETO ESTRUTURAL



Ações a serem consideradas

Ações gravitacionais : ação permanente (pp estrutura e pp materiais de construção)

PP estrutura – mto. leve (Negligenciável)

**PP materiais construtivos – placas OSB e revestimento externo
placas internas (gesso)
“lajes” de entrepiso
forros de entrepisos
sistema de telhado
forro de telhado**



Ações Variáveis : ações do uso – sobrecargas de utilização

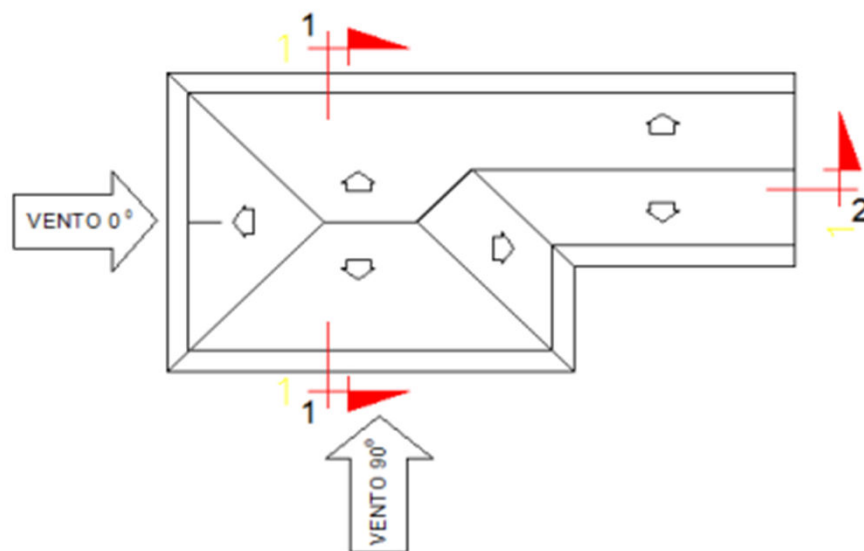
- Sobrecargas de entrepiso – NBR 6120 – 1,5 kN/m²
- Sobrecarga de telhados – NBR 6120 – 0,25 kN/m²
- Reservatório de água
- Neve – NBR 6120 – adotar 0,35 kN/m²
- Ação do vento – NBR 6123
- empuxos de terra / deslocamentos impostos

Ações Excepcionais: Sismo - ABNT NBR 15.421



A norma **ABNT NBR 6123:1988** cobre poucas configurações de telhados – uma água e duas águas - sempre em prédios com planta retangular.

Dada a infinidade de possíveis soluções para coberturas e geometria de plantas baixas, resolve-se esta deficiência, com ensaios em túnel de vento. Quando isto não for possível, sugere-se adotar valores envoltórios dos coeficientes de forma em coberturas.





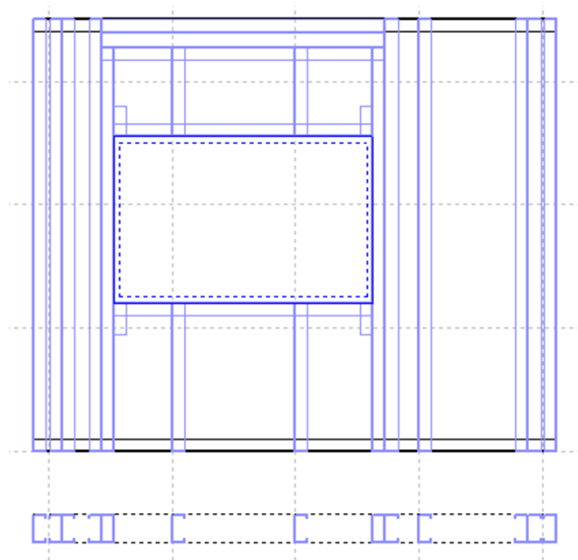
Conceitos estruturais

Alinhamento de cargas

As almas dos montantes conduzem as ações alinhadas até a fundação

Quando isto não for possível, adotar vigas de transição

Reposição de estrutura quando se elimina algum elemento



Travamentos / Contenções Laterais / Contraventamentos



TIPOS DE FUNDAÇÕES

Radier

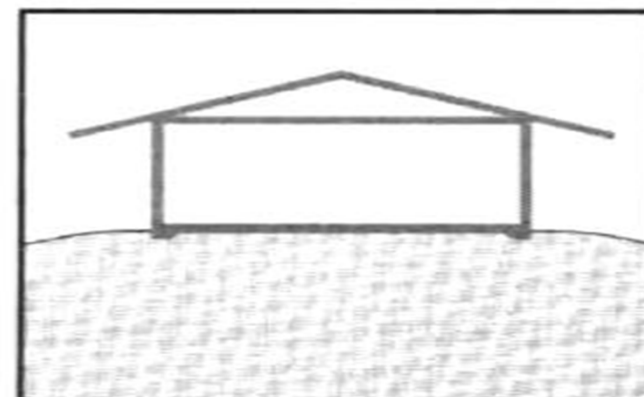
Placa de betão armado, enrijecida por nervuras e assentada diretamente no solo. Por ser de rápida e fácil execução é o tipo de fundação mais comum e rápido de executar.

Sapata Corrida:

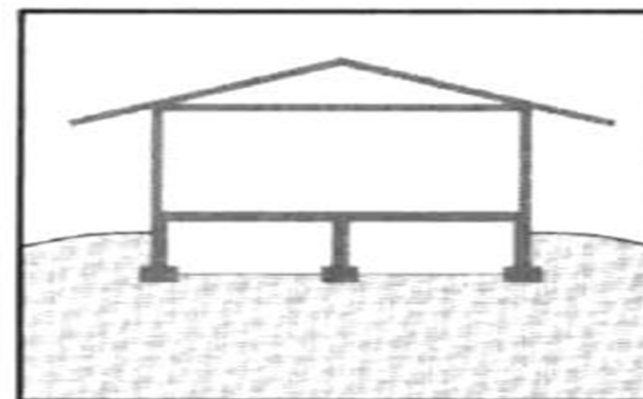
Paredes de fundação, elevadas, apoiadas sobre sapatas. Permite ventilação inferior casa.

Critérios de escolha:

Resistência e tipo de solo, preço, isolamento, economia de energia, localização e topografia do terreno.



Plata de Hormigon Armado
sobre Terreno



Zapata Corrida Sobrelevada

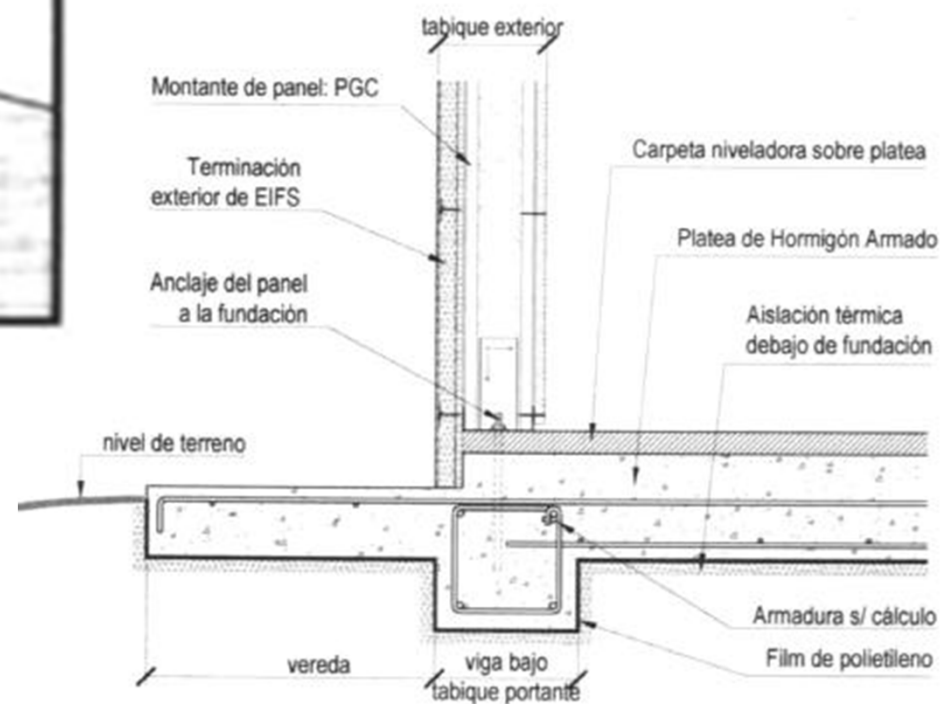
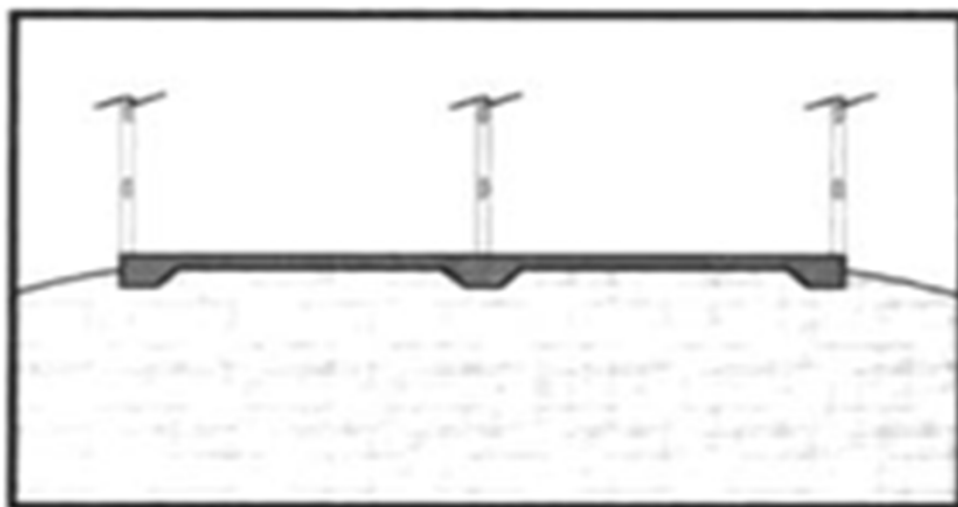


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Radier em concreto armado



PROJETO ESTRUTURAL - Fundações

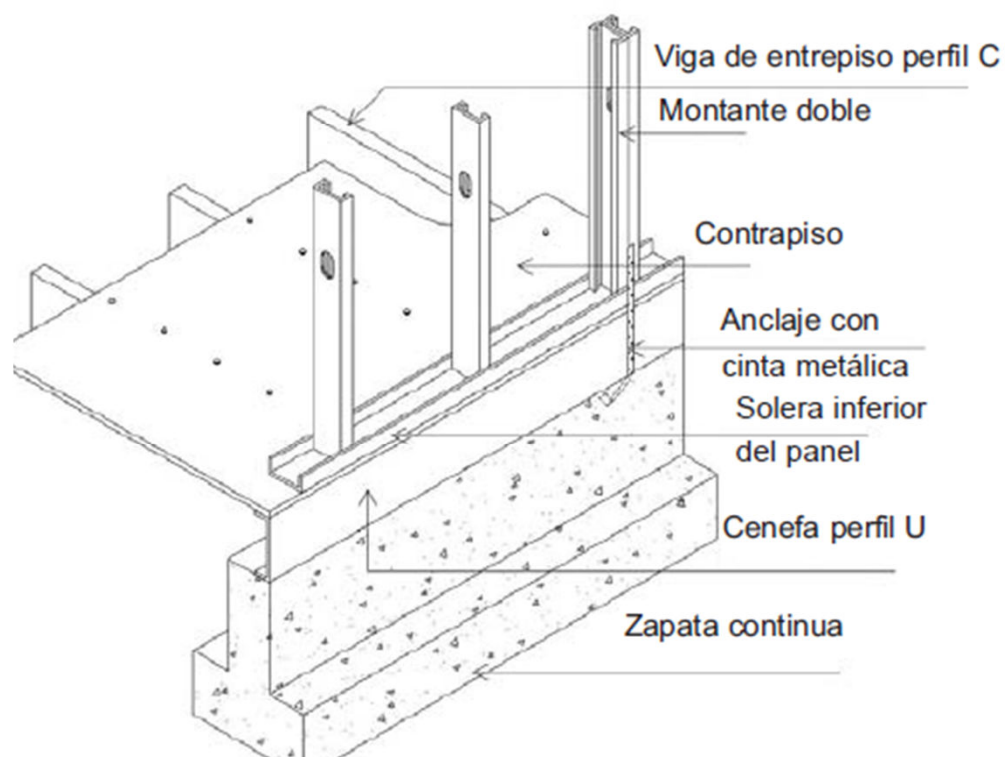
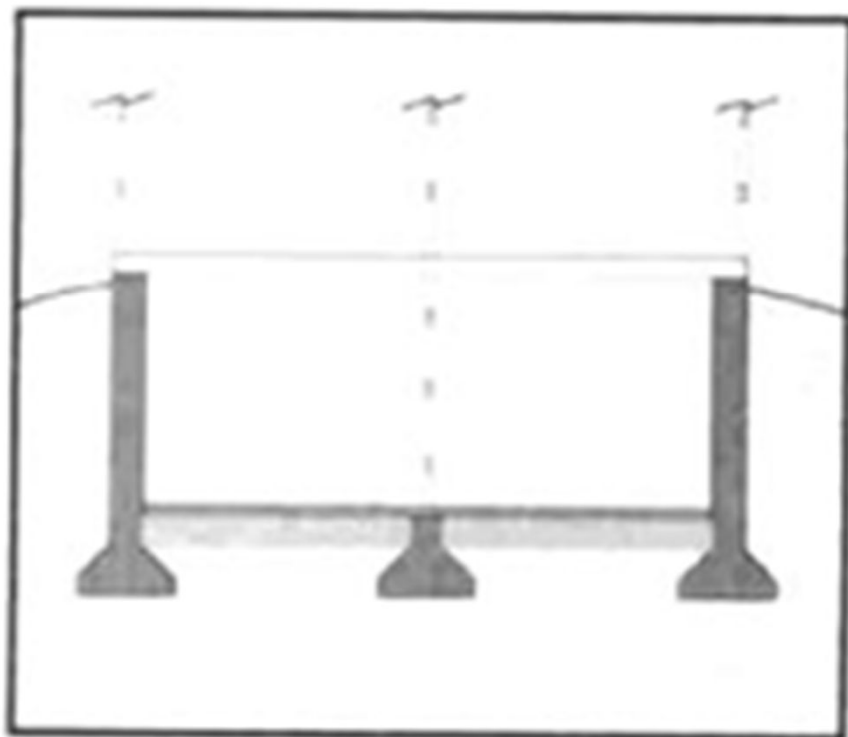


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Sapata corrida elevada



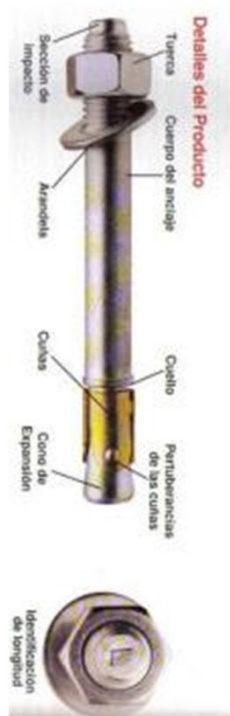


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Fixações / Ancoragens



← Ancoragem mecânica



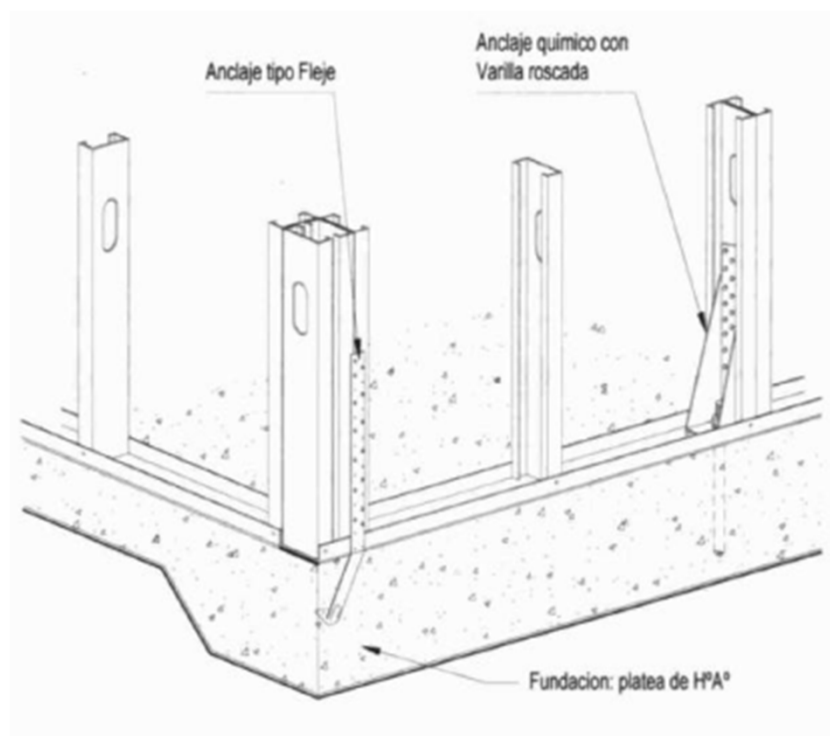
← Ancoragem
química



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



Ancoragem químico com barra rosqueada



PROJETO ESTRUTURAL - Ancoragem

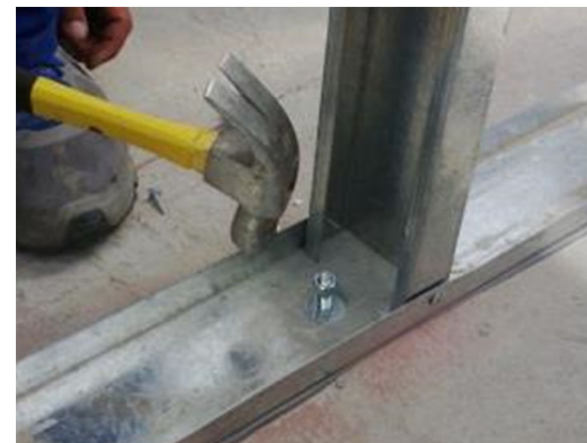


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Ancoragem mecânica (tipo parabolt ou wedge/concret bolt)

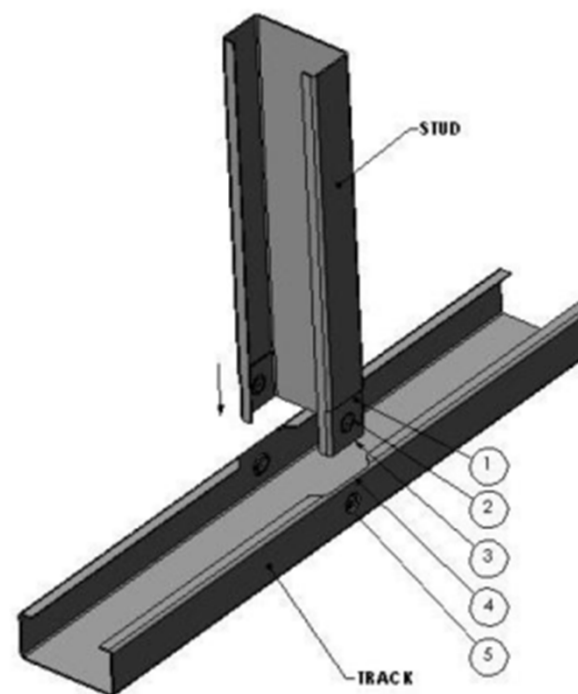
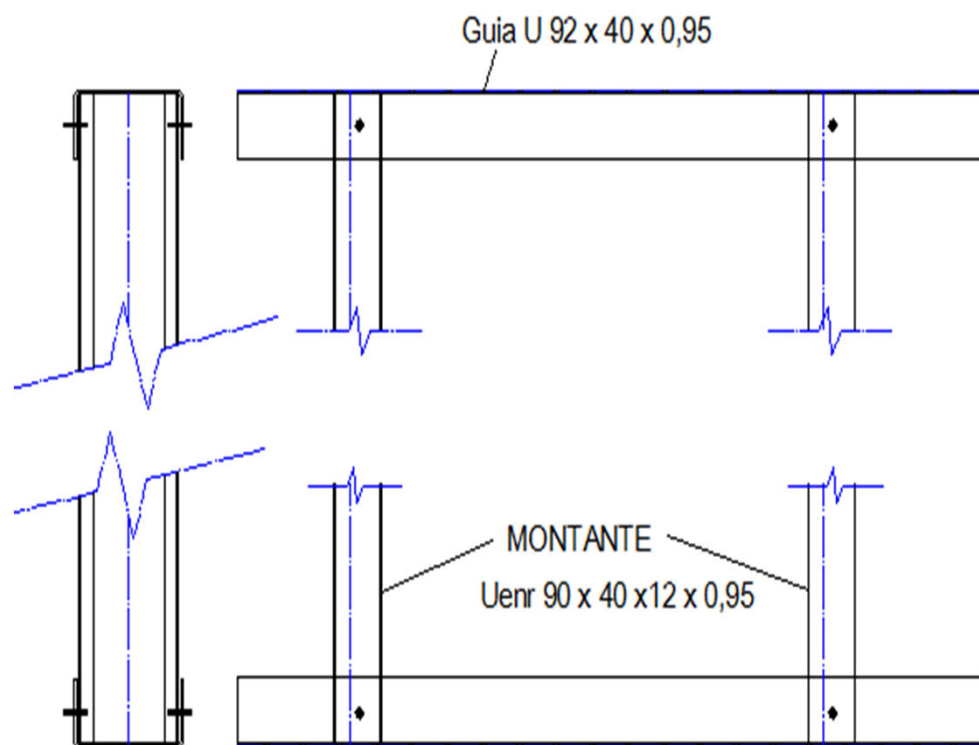


PROJETO ESTRUTURAL - Ancoragem



Painéis

Elementos verticais que substituem as paredes estruturais em construções tradicionais. Basicamente os painéis são formados por uma guia inferior, uma guia superior e montantes





O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

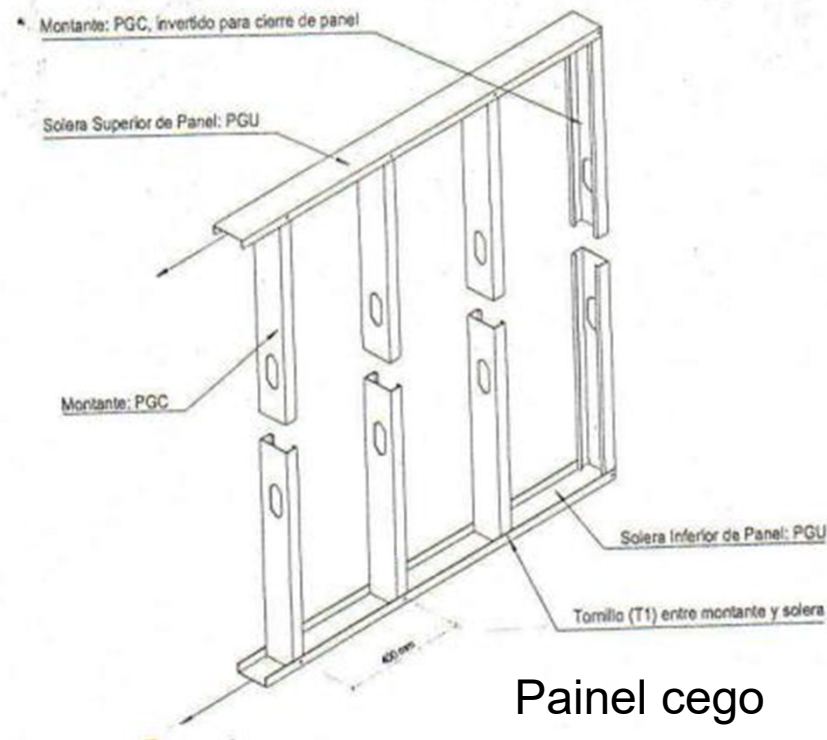
PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

- Cargas verticais transferidas pelos montantes. Lembrar sempre do **in-line framing**.
- Afastamento entre montantes: sub-múltiplos das dimensões das placas e da solicitação de compressão nos montantes.



Painel cego

Piezas que conforman un Panel



Painel cego

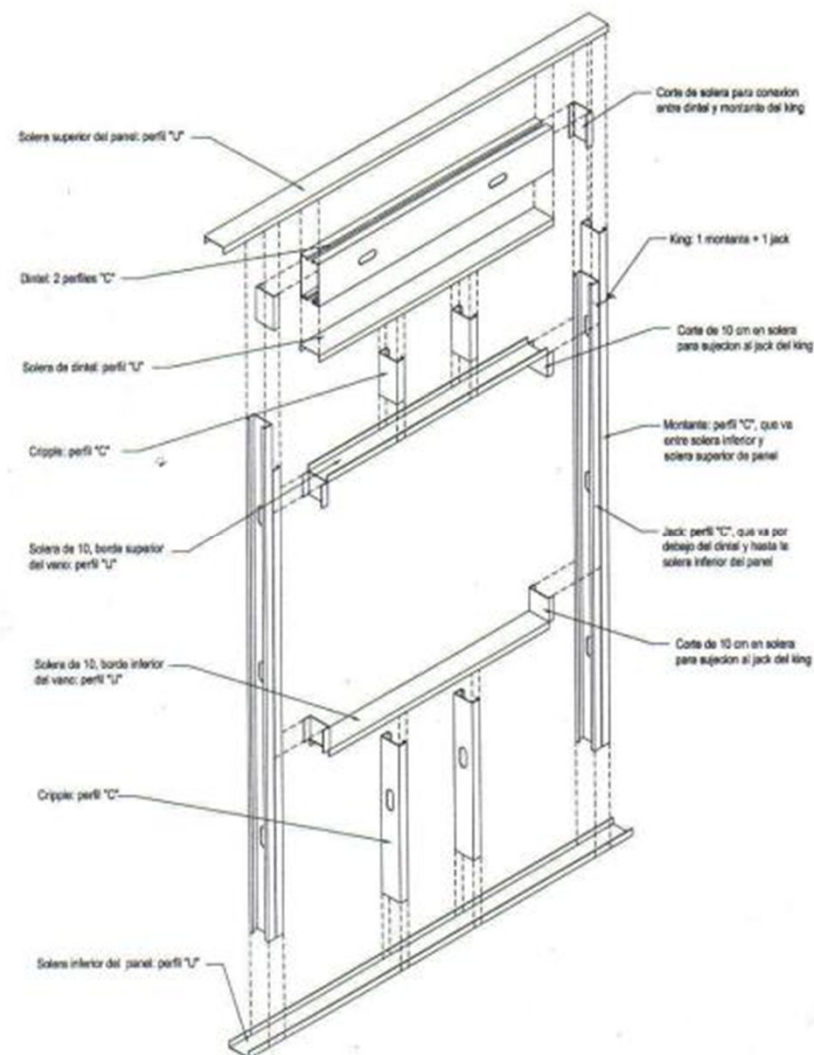
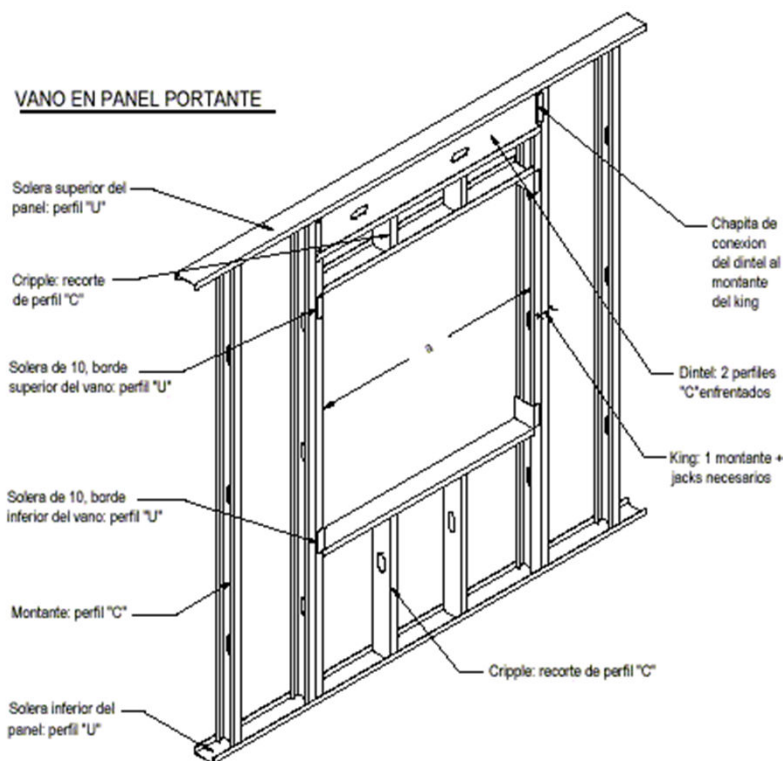
COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



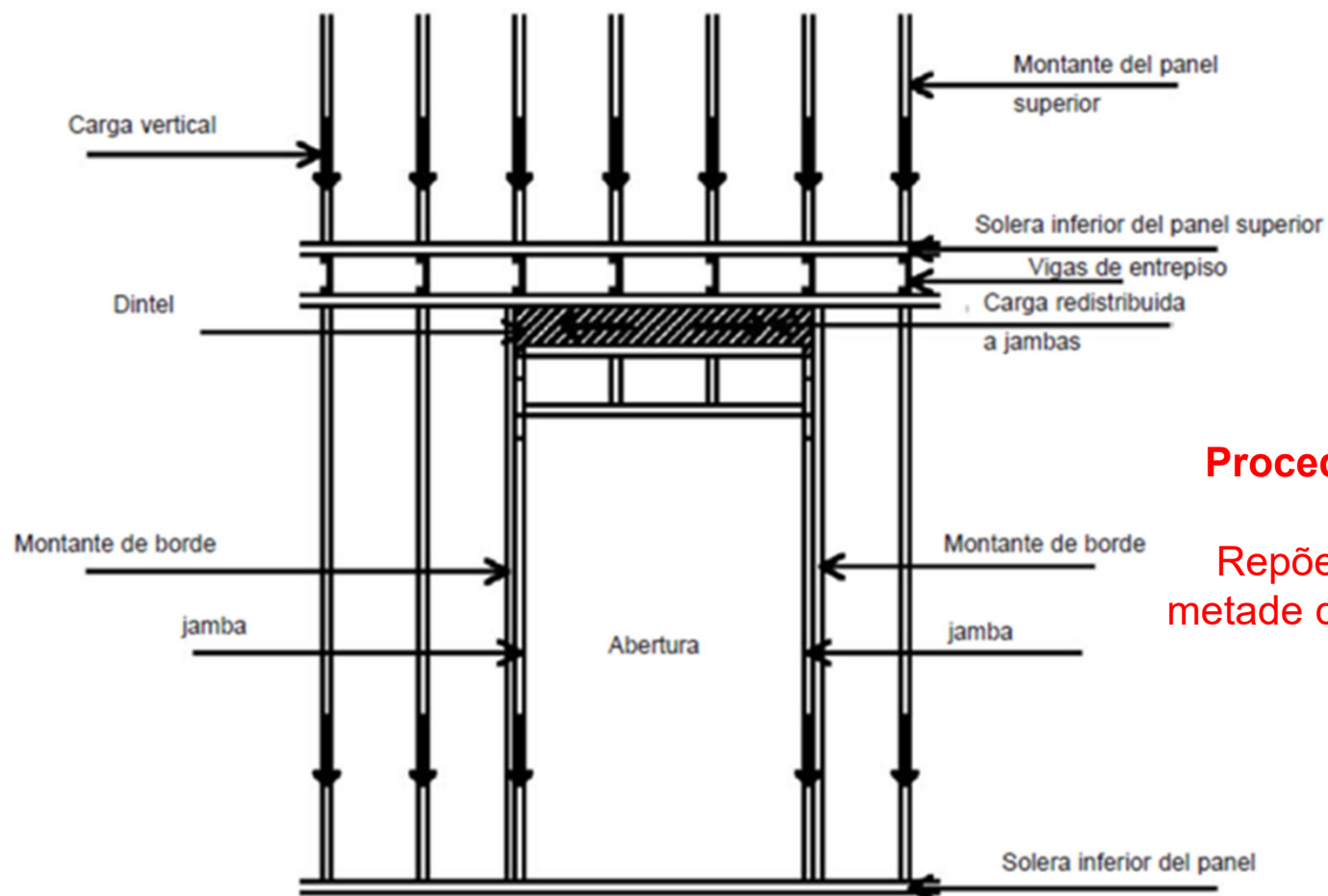
Paineis com aberturas

Repõe-se, nas laterais das aberturas, os montantes que foram cortados para dar lugar a abertura

COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis



Painéis/Paredes com aberturas



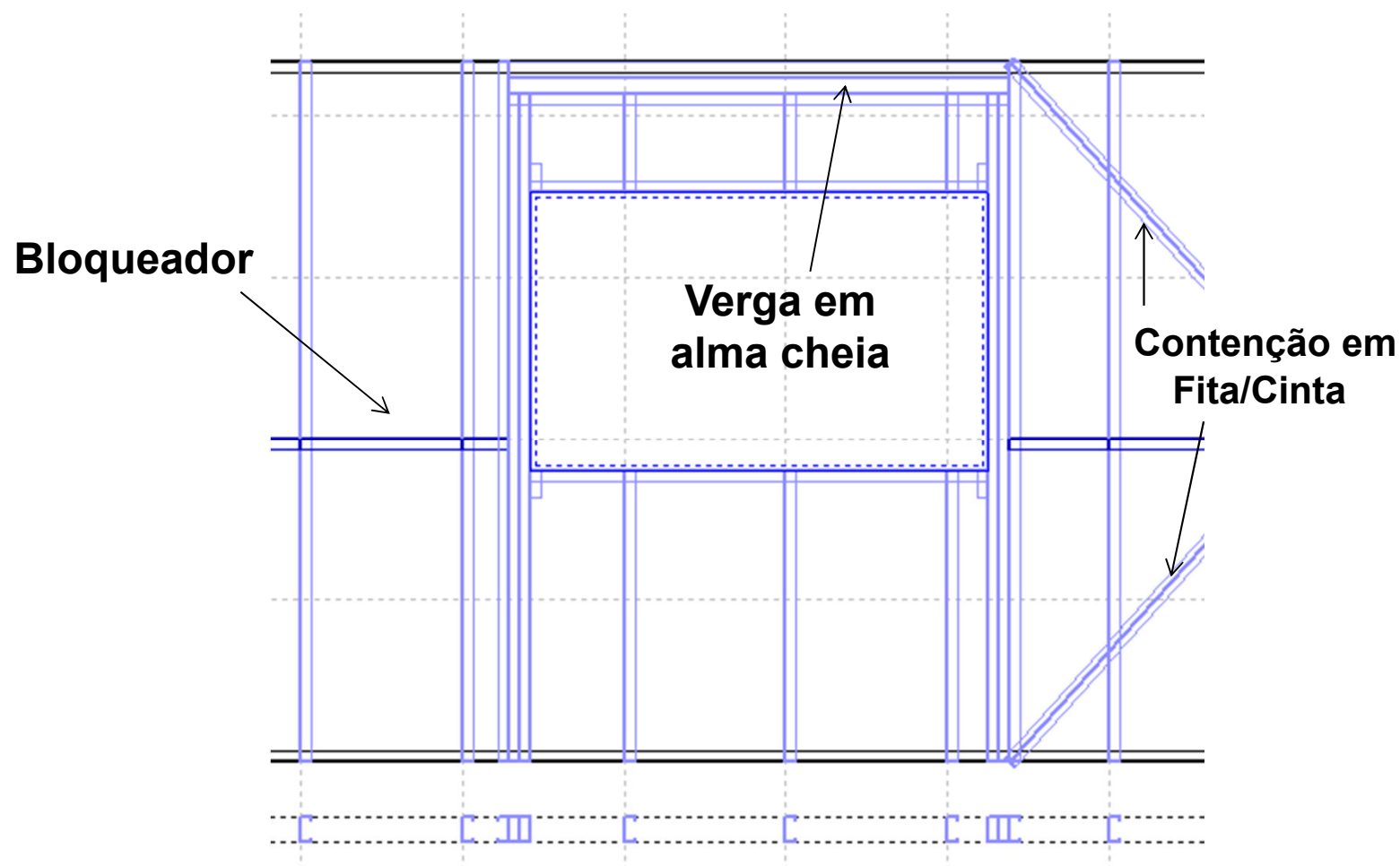
Procedimento na região das aberturas:
Repõe-se, em cada lateral, a metade dos montantes eliminados pela abertura.



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



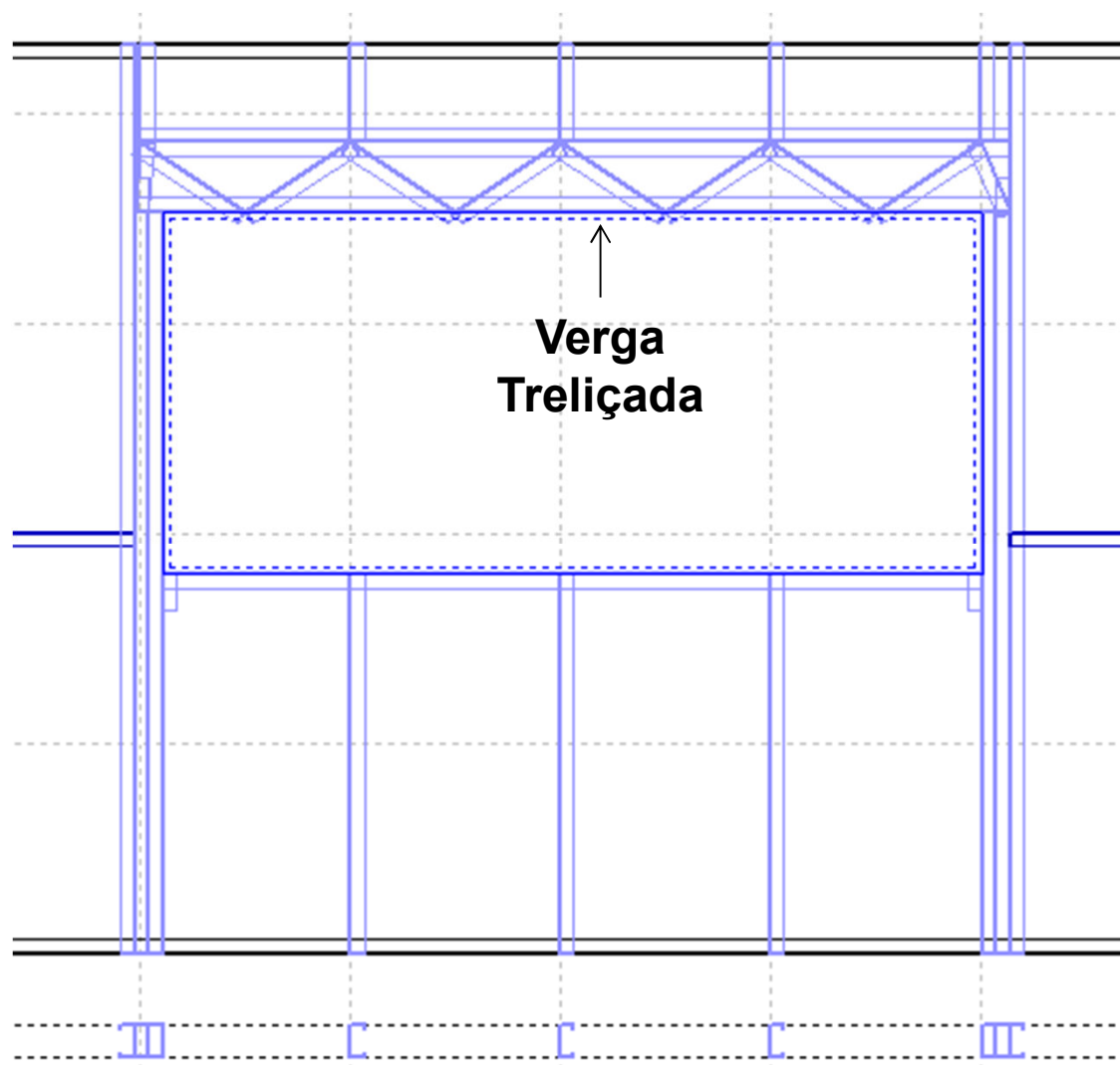
CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS



CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



O CALCULISTA DE AÇO

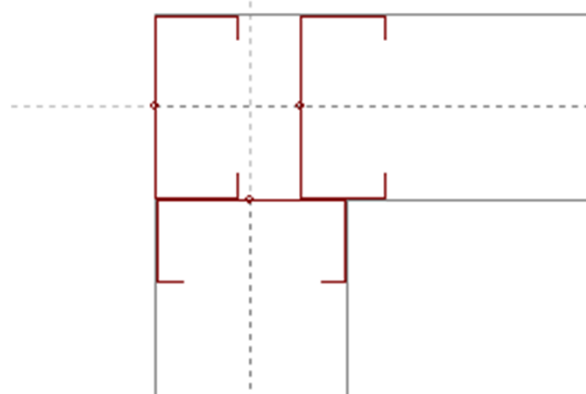
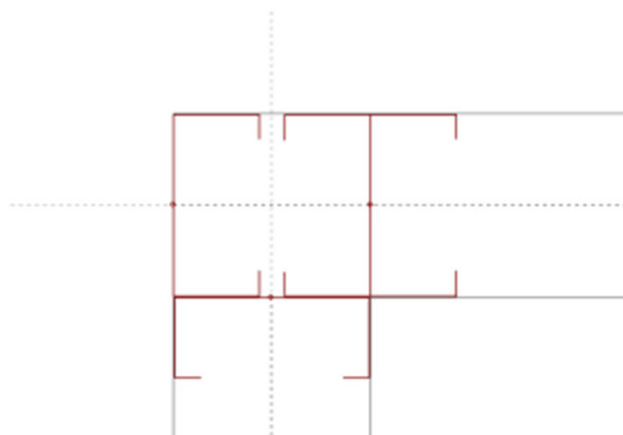
PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

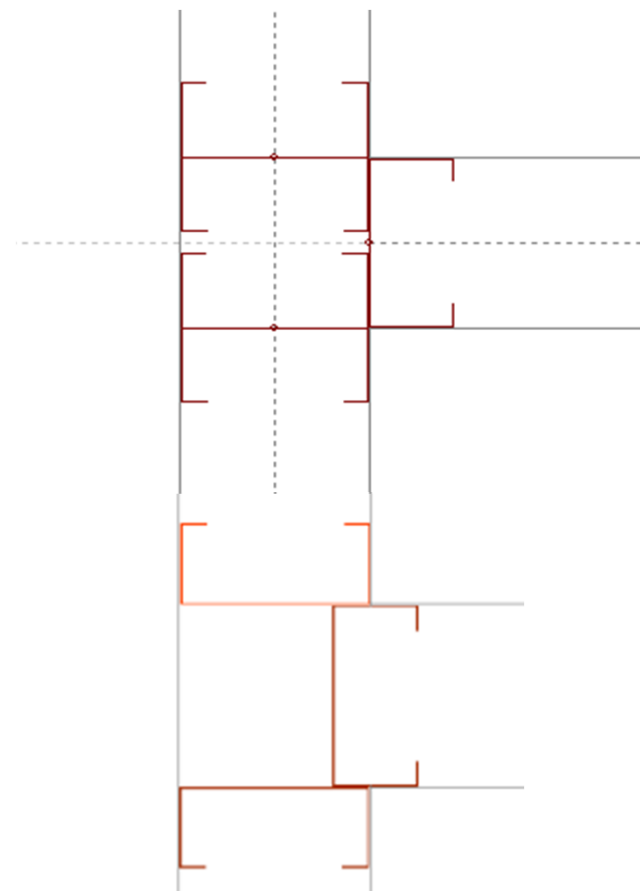
Encontros de painéis

Alternativa 1

Encontros em L



Encontros em T



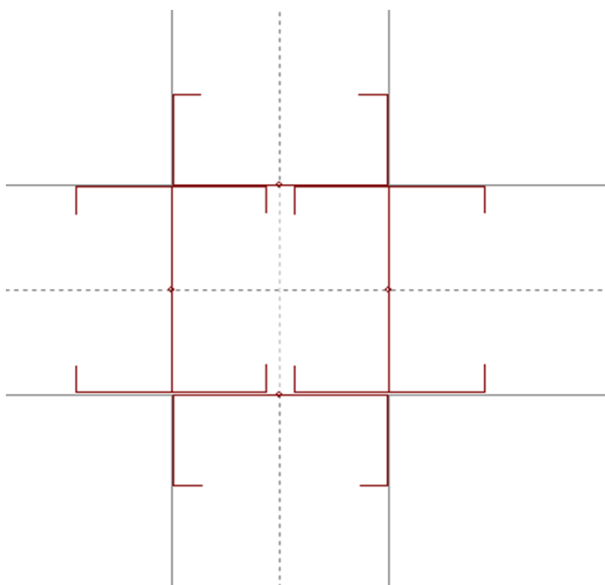
Alternativa 2

COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis

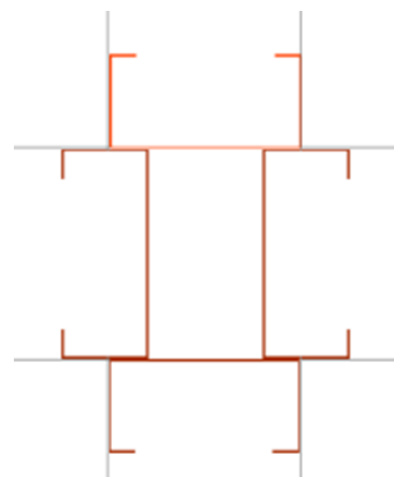


Encontros em cruz

Alternativa 1



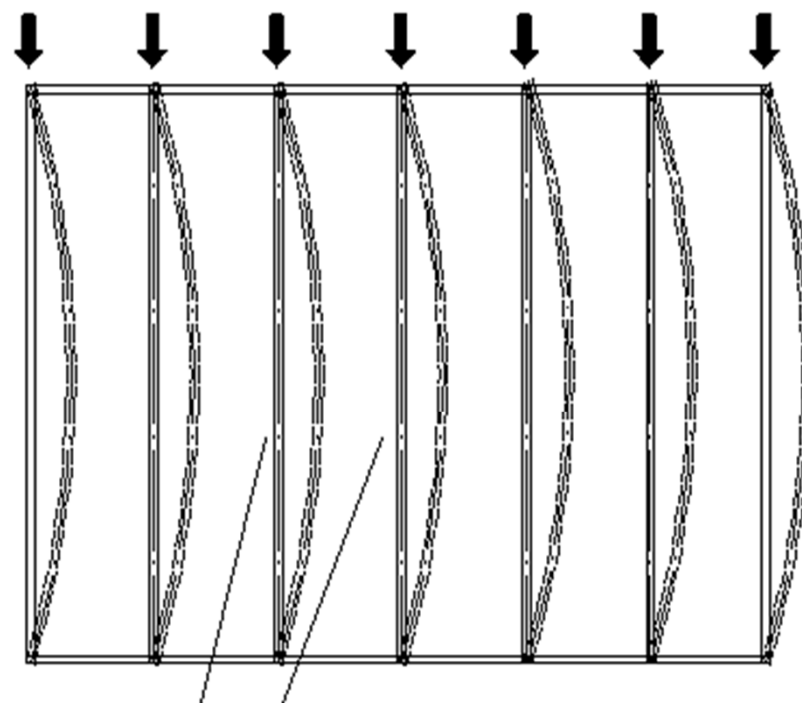
Alternativa 2





Bloqueadores

Os bloqueadores são as contenções laterais dos montantes (e, também, de outros elementos estruturais). Na imagem abaixo os montantes estão soltos e poderão flambar livremente (em torno do seu eixo de menor inércia).



Montante isolado

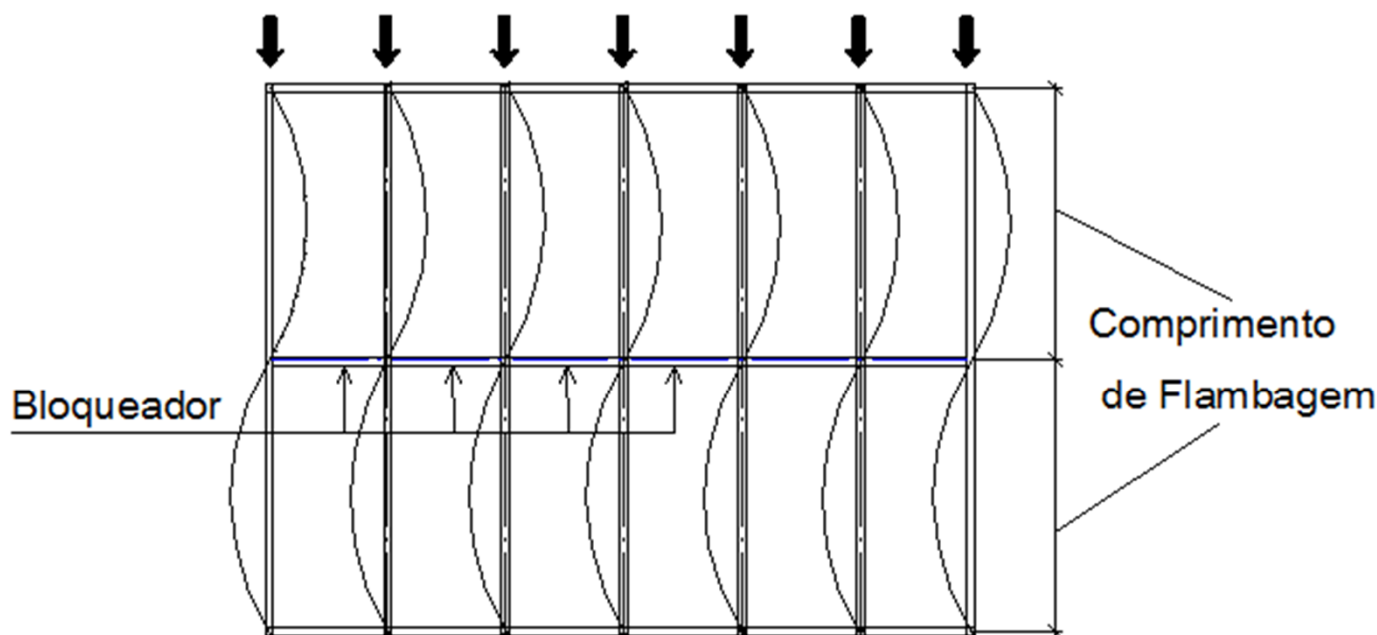
Comprim. de Flambagem = altura do painel



Aplicando-se bloqueadores à meia altura, o comprimento de flambagem se reduzirá à metade.

Os montantes, então resistirão muito mais do que no caso de estarem livres.

Os bloqueadores também são aplicados em vigas, treliças, tesouras etc.



Montantes contidos lateralmente

Comprim. de Flambagem = meia altura do painel



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

Travamento de painéis

- Em X (com fita-cinta)

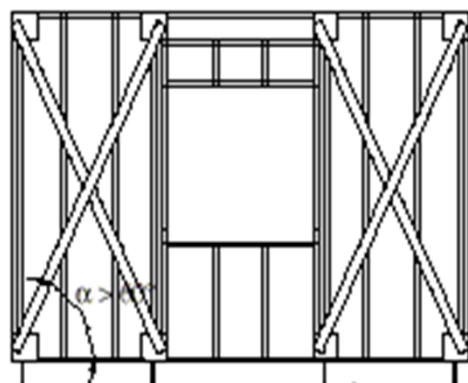


figura a

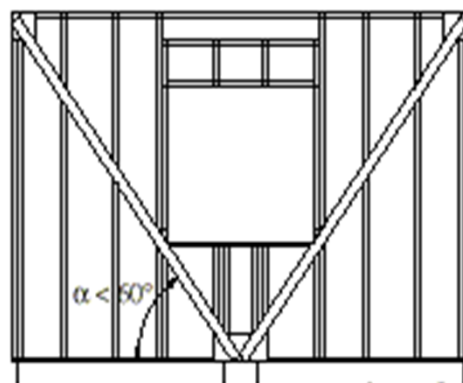
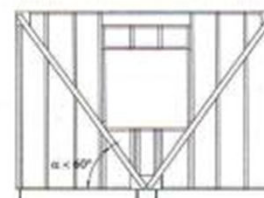
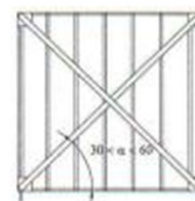
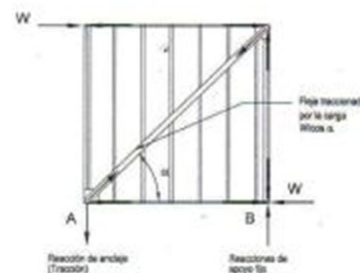
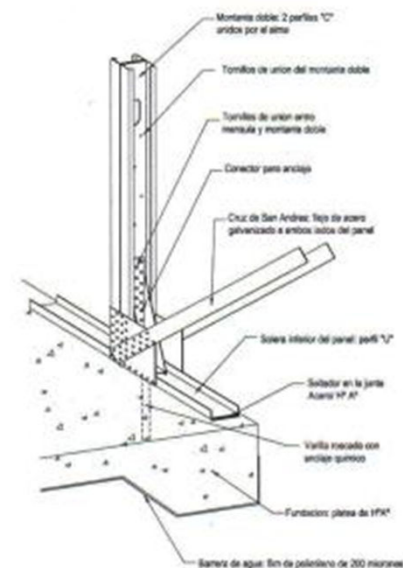
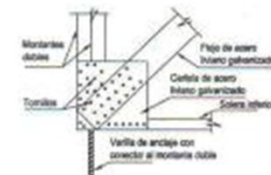


figura b

DISTRIBUCION DE ESFUERZOS EN PANEL CON CRUCES DE SAN ANDRES



DETALLE DE UNION DEL TENSOR AL ANCLAJE



COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis

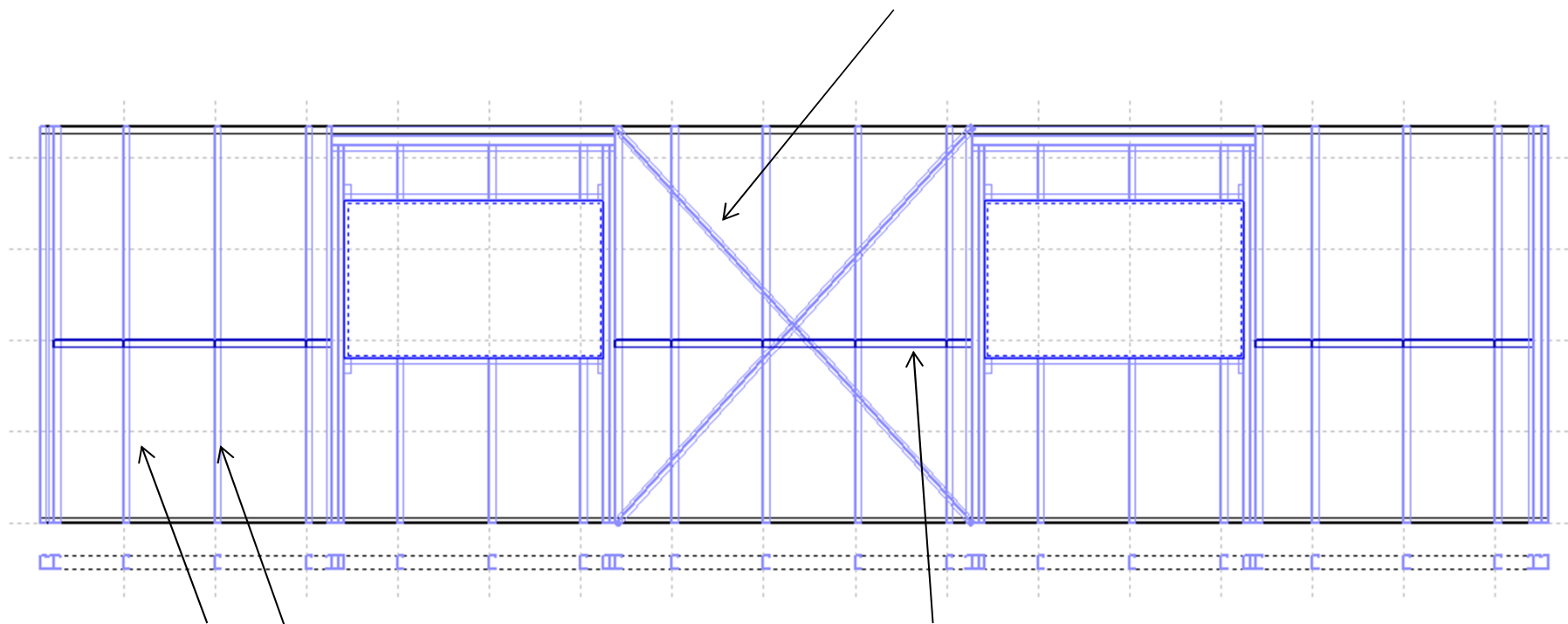


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Contraventamento em X



Montantes travados lateralmente com bloqueadores

COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis



COMPONENTES ESTRUTURAIS - Painéis



O CALCULISTA DE AÇO

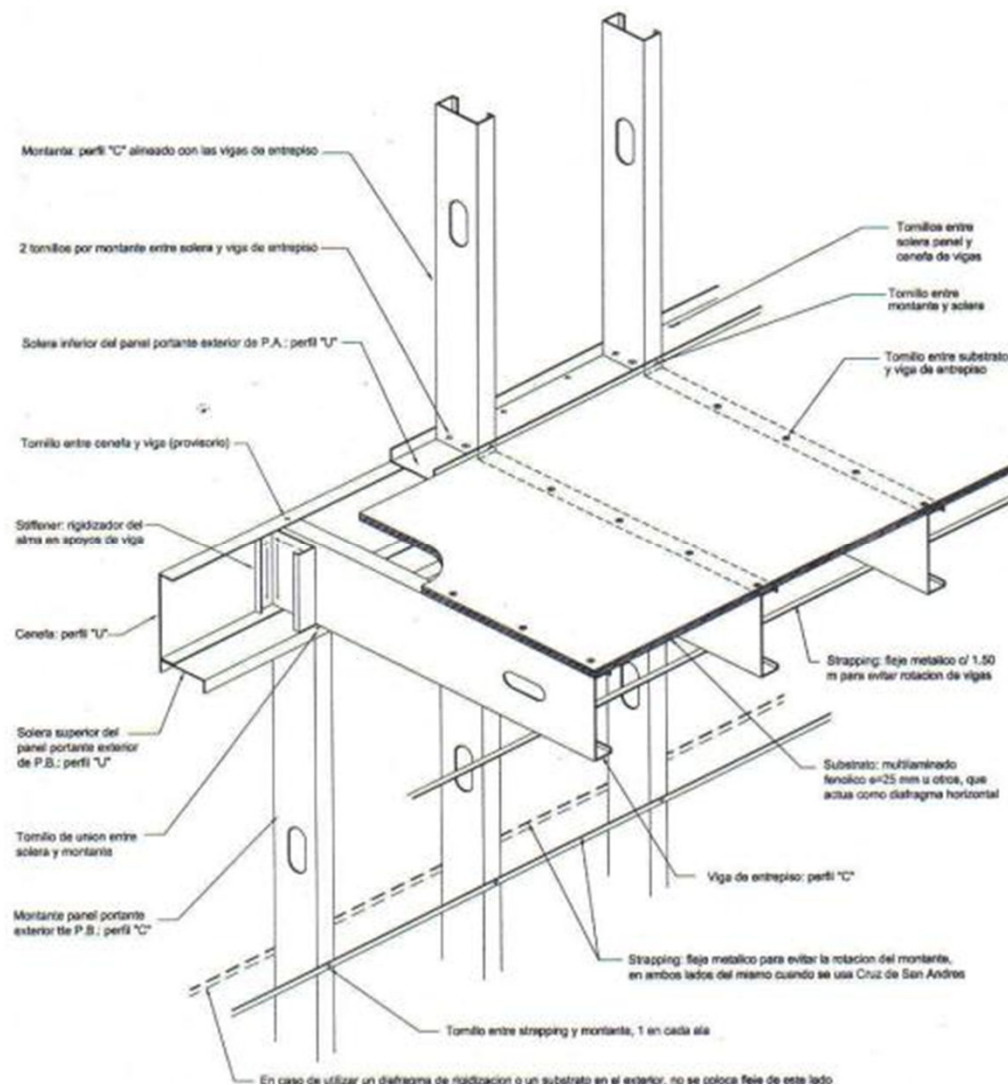
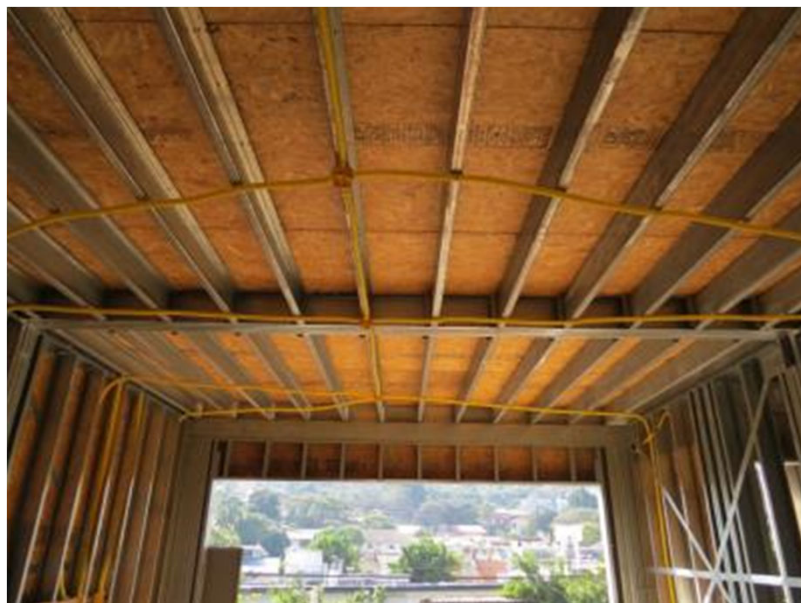
PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Entrepisos

“Lajes” secas – placa OSB + piso
Vigas de alma cheia - simples e
compostas

Vigas Trelaçadas



COMPONENTES ESTRUTURAIS - Entrepisos



O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

- Vigas Simples

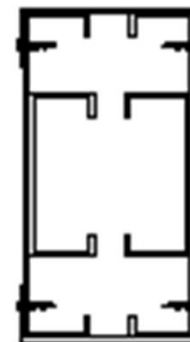


- Vigas Compostas

2 Vigas: PGC +
2 Soleras: PGU

1 Viga: PGC +
1 Cenefa: PGU

2 Vigas: PGC +
2 Soleras: PGU +
1 Rigidizador: PGC



VIGA DOBLE

VIGAS TUBO

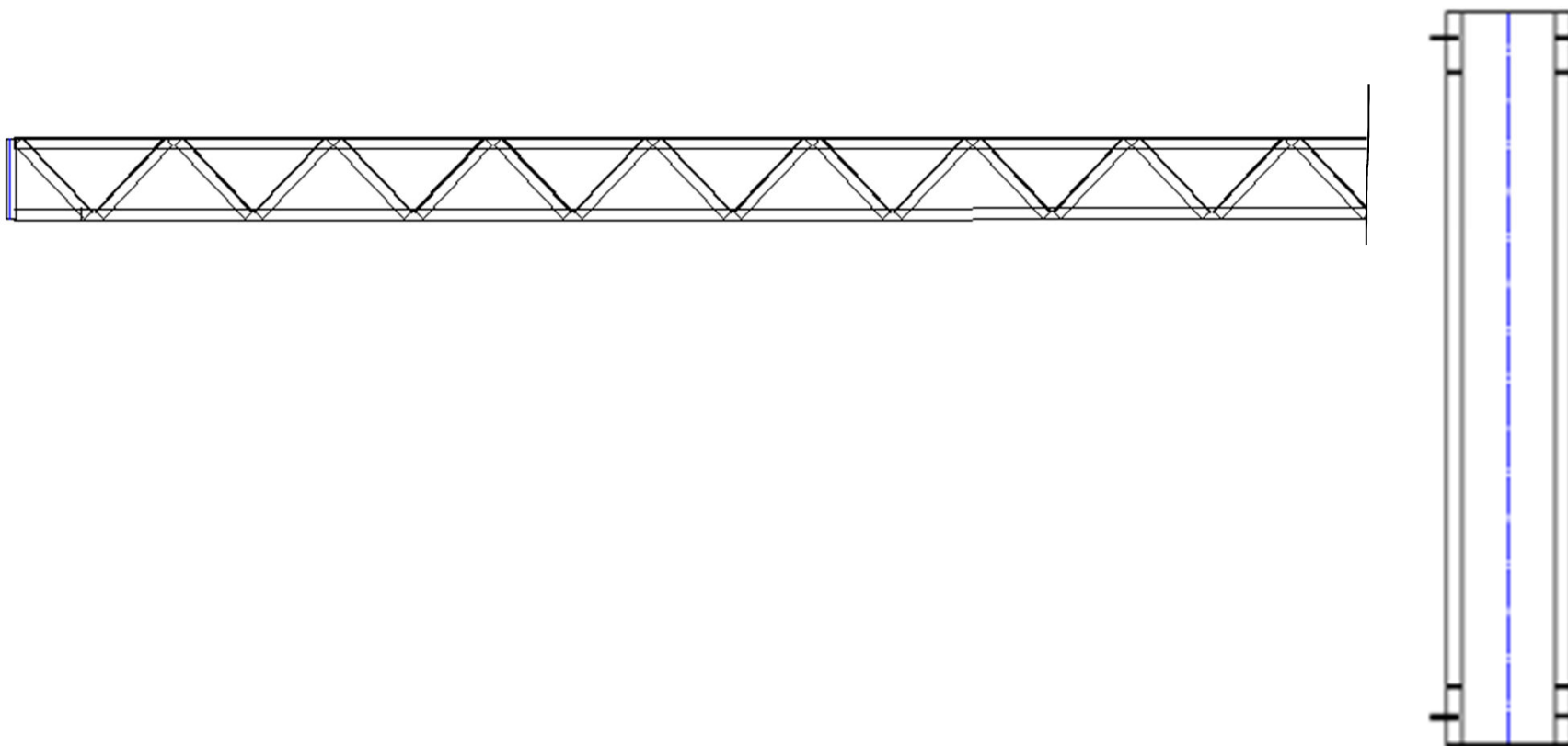


O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

- Vigas treliçadas





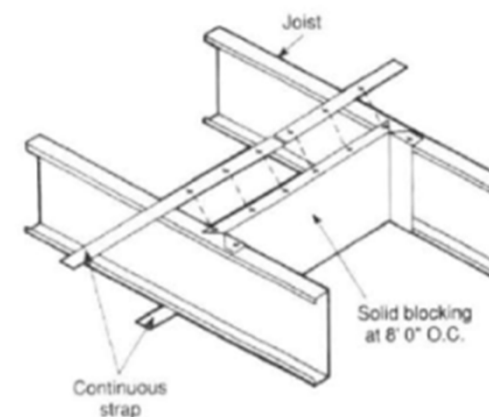
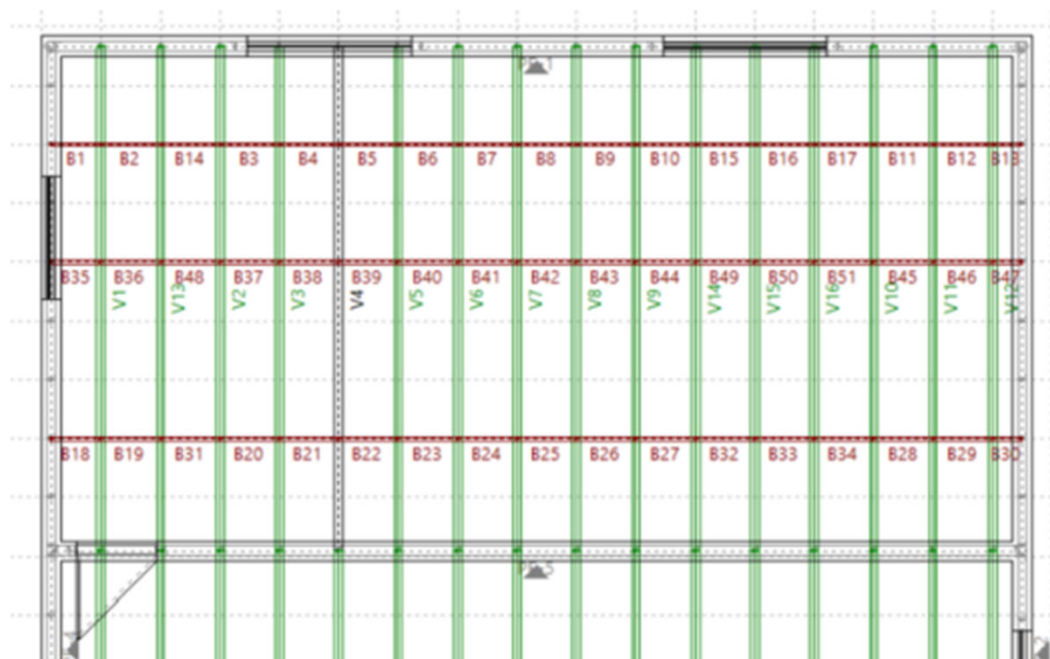
O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

Travamentos / Contenções / Contraventamento

Vigas e Bloqueadores



Leiria, Maio de 2019

COMPONENTES ESTRUTURAIS - Entrepisos



O CALCULISTA DE AÇO

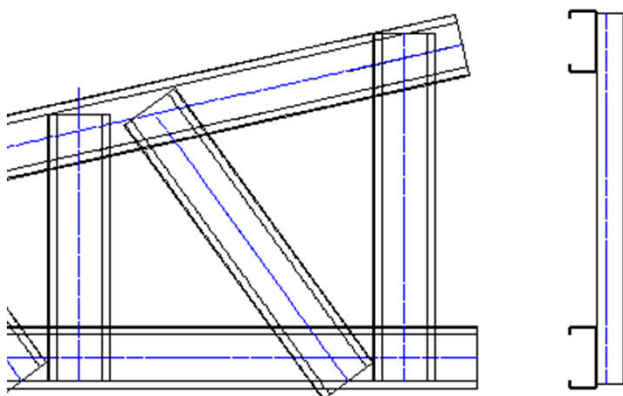
PROJETO DA ESTRUTURA

PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

TELHADOS

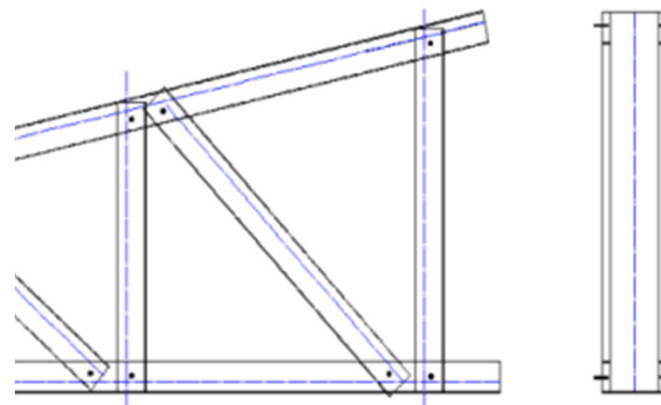
Formados por tesouras: Trelças de uma, de duas, ou de mais águas, com diversos formatos

COMPOSIÇÃO DE TESOURAS



TRELIÇAS - PERFIS COMERCIAIS

Perfis Uenr de costas



TRELIÇAS – PERFIS ENGENHEIRADOS

Perfis Uenr + Uenr

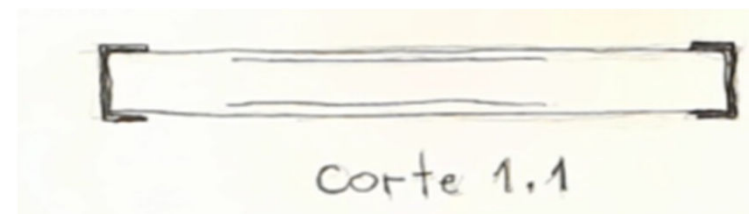
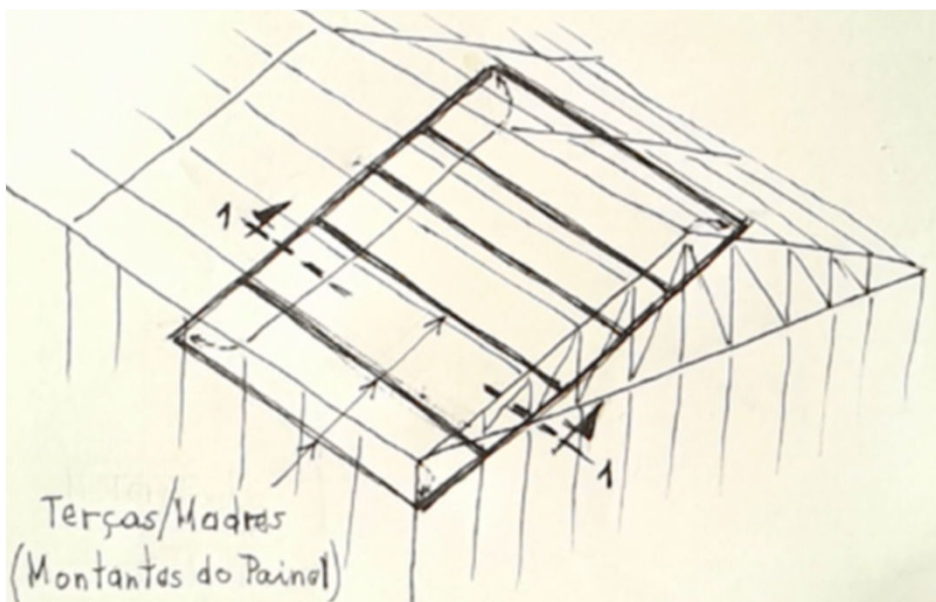


- Terças

Como elementos isolados, terças podem ser perfis cartola



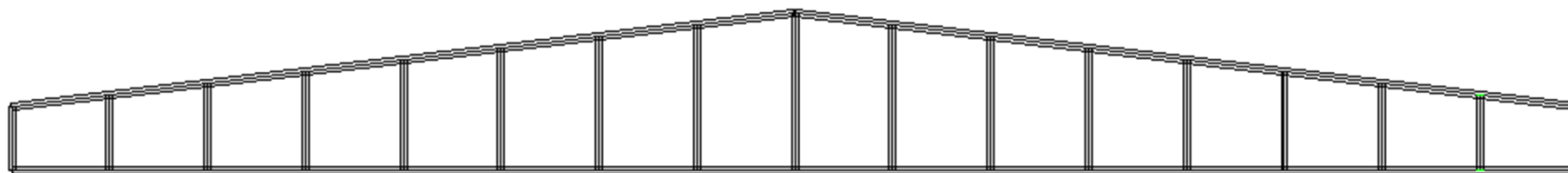
Como alternativa, painéis (guias e montantes) podem ser criados e serão aplicados asentados paralelamente ao banzo superior da tesoura.





- Oitão

Os oitões são painéis com guias superiores inclinadas



Painel de Oitão



Tesoura correspondente ao painel de oitão



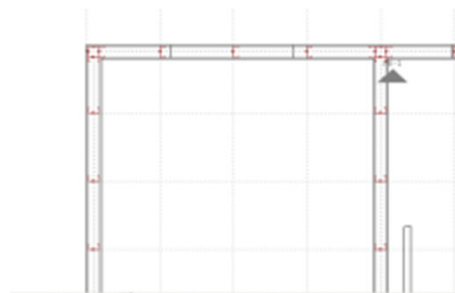
O CALCULISTA DE AÇO

PROJETO DA ESTRUTURA

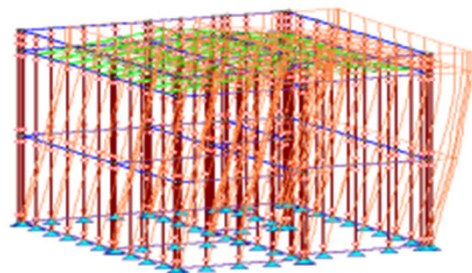
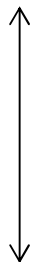
PRZ ENGENHARIA
DE ESTRUTURAS

mCalcLSF

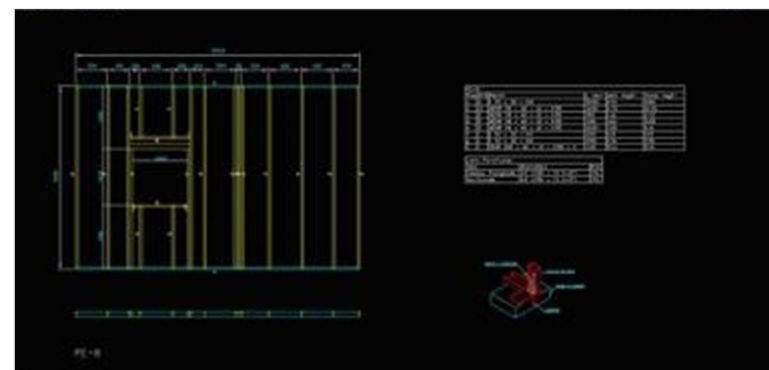
- Modelagem da estrutura LSF



- Cálculo (análise e dimensionamento)



- Projeto automático da estrutura



PROGRAMA mCalcLSF



Programa mCalcLSF

Trata-se de um aplicativo formado por três módulos integrados entre si:

- **Modelador da Estrutura LSF**
- **Módulo de Cálculo** – Análise e Dimensionamento (plataforma **mCalc3D**)
 - Geometria
 - Ações
 - Análise – Linear e ã-linear elástica
 - Dimensionamento – mCalcPerfis
 - Resultados –gráficos, planilhas
- **Utilitários** – rotinas de desenho ; exportação e visualização de arquivos IFC e SDNF ; planilhas de listagens de materiais