



Análisis estructural

Capítulos

- | | | |
|---|---------------------|-----|
| 1 | Objetos básicos | 189 |
| 2 | Cálculo de hormigón | 191 |

CLIENTE

DLUBAL Latinoamérica

Comentarios adicionales que necesitemos

CREADO POR

Ingeniero Alberto Cervantes

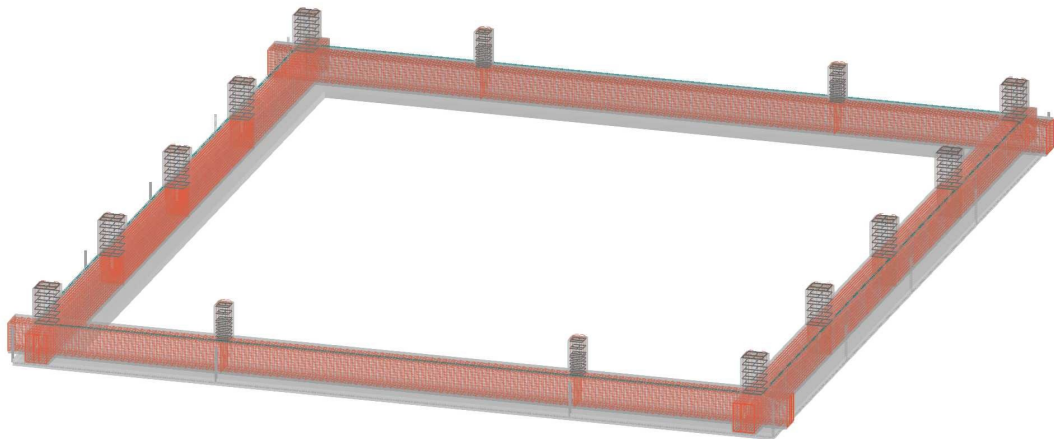
PROYECTO

Nave industrial de acero y cimentación de concreto

MODELO

Modo de visibilidad

En la dirección axonométrica



CONTENIDO

A	Modelo. Posición	185		Parámetros	
B	Modelo. Parámetros	185	2.8	Resultados	195
C	Modelo. Datos básicos	185	2.8.1	Distribución de refuerzos en barras de hormigón	196
D	Introducción, Objetivo y Alcances	187	2.8.2	Errores y advertencias	197
			2.8.3	Razón de tensiones en barras por situación de proyecto	197
1	Objetos básicos	189			
1.1	Materiales	189	2.8.4	Razón de tensiones en barras por carga	197
1.1.1	Materiales - Propiedades	189	2.8.5	Razón de tensiones en barras por material	198
1.2	Secciones	190	2.8.6	Razón de tensiones en barras por sección	198
1.2.1	Secciones - Información	190	2.8.7	Razón de tensiones en barras por barra	198
1.3	Espesores	191	2.8.8	Esfuerzos internos determinantes por barra	199
			2.8.9	Esfuerzos internos determinantes según extremo de barra	199
2	Cálculo de hormigón	191			
2.1	Objetos a dimensionar	191	2.8.10	Carga determinante	199
2.2	Situaciones de proyecto	191	2.8.11	Armadura en barras	200
2.3	Materiales	191	2.8.11.1	Armadura necesaria por barra	200
2.3.1	Materiales - Parámetros del hormigón	191	2.8.11.2	Armadura existente por barra	200
2.3.2	Materiales - Propiedades del hormigón dependientes del tiempo	192	2.8.11.3	Armadura de barras. Barras	200
			2.8.12	Distribución de refuerzos en barras de hormigón	201
2.4	Secciones	192	2.8.13	Sección	202
2.5	Espesores	192	2.8.14	Diagramas de resultados - Barra 270	203
2.6	Configuraciones de resistencia	192	2.8.15	Diagrama de interacción	205
2.6.1	Configuraciones de estados límite último - Parámetros	192	2.8.16	Diagrama de interacción	206
2.6.2	Configuraciones de resistencia. Parámetros. Barras	192	2.9	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m DR0214	211
2.6.3	Configuraciones de resistencia. Parámetros. Superficies	193	2.10	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m DR0200	212
2.6.4	Configuraciones de resistencia. Parámetros. Punzonamiento	194	2.11	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m RL0600	213
			2.12	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0703	214
2.7	Configuraciones de estados límite de servicio	194	2.13	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0702	216
2.7.1	Configuraciones de estados límite de servicio -	194	2.14	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0701	218
			2.15	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0700	219
			2.16	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0500	220
			2.17	Barra núm. 270 SP1 CO2 7.000 m SD0400	222

A

MODELO. POSICIÓN

Posición



Pais	:	Paraguay
Calle	:	Calle ejemplo
Código postal	:	
Ciudad	:	Asunción
Estado	:	
Latitud	:	deg
Longitud	:	deg
Altitud	:	m

B

MODELO. PARÁMETROS

Id. de modelo	{cdba8c35-9d73-48a5-a399-5022793ec287} Identificador de modelo único
Id. de proyecto	{b8e38896-6f3e-4dbc-9e7e-4f2da007341f} Identificador de proyecto único
Nombre del cliente	Dlubal Latinoamérica
Nombre de la empresa	Alvarez
Nombre del proyecto	Nave industrial de acero y cimentación de concreto
Número del proyecto	0001
Descripción del proyecto	Nave de acero de 480m2 y 7m de altura libre con base de cimentación de concreto reforzado Nave de acero de 480m2 y 7m de altura libre bajo norma AISC360 con base de cimentación de concreto reforzado con norma ACI318
Nombre del modelo	Nave industrial de acero - AISC 360 / AISI S100
Número del modelo	0005
Descripción del modelo	Modelo definitivo con análisis estático y diseño de acero y concreto Incluye también el análisis de estabilidad
Número de revisión	REV2.18032025
Ingeniero, ra	Ingeniero Alberto Cervantes
Verificador, ra	Ingeniero Cristian Repetto
Supervisor, ra	Ingeniero Alfredo Seáñez
Norma de cálculo	AISC360 / AISI S100 / ACI 318

C

MODELO. DATOS BÁSICOS

Datos principales



Nombre del modelo	:	250408-nave-parametrica-documentacion_clase8.rf6
Descripción del modelo	:	
Nombre del proyecto	:	Curso usuarios
Descripción del proyecto	:	
Carpeta para datos	:	D:\01 Juan Bejar\Trabajos\01 Dlubal\01 Eventos\08 Curso usuarios\2025\Curso Hugo Alvarez\Documentacion - Parte final
Tipo de modelo	:	3D

Complementos



Cálculo de hormigón
Cálculo de acero

Normas I

Asistente para clasificación de casos de carga y	:	🇺🇸 ASCE 7
--	---	-----------

C

MODELO. DATOS BÁSICOS



combinaciones

Asistente para cargas	:	2022 ASCE 7 2022
Grupo de normas para el cálculo de hormigón	:	ACI 318 2019
Grupo de normas para el cálculo de acero	:	AISC 360 2022
Grupo de normas para el cálculo de acero (conformación en frío)	:	AISI S100 2016



Configuración y opciones

Aceleración gravitatoria / constante de conversión de masas	g	:	10.00 m/s ²
Fecha del día de inicio en el diagrama de tiempos		:	01.01.2016
Ejes XYZ globales		:	Z ascendente
Ejes xyz locales		:	z descendente

Tolerancias

Tolerancia para nudos	:	0.00050 m
Tolerancia para líneas	:	0.00050 m
Tolerancia para superficies/planos	:	0.00050 m
Tolerancia para direcciones	:	0.00050 m

D INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y ALCANCES



Descripción General del Proyecto

El presente proyecto consiste en el diseño estructural de una nave industrial de acero destinada al almacenamiento de productos manufacturados. La nave se ubicará en la ciudad de Asunción, Paraguay, en una zona de actividad industrial. La estructura tendrá una **superficie cubierta de 480 m²**, con una **altura libre de 7 m** y una cubierta a dos aguas con una **pendiente del 11.31°**.

El sistema estructural principal estará compuesto por pórticos de acero laminado, **dispuestos cada 6.0 m**, con correas metálicas para la sujeción de la cubierta liviana de chapa galvanizada. Se implementarán arriostramientos en cubierta y laterales para garantizar la estabilidad lateral frente a cargas de viento y sismo. La cimentación estará conformada por zapatas corridas de concreto armado bajo las columnas principales, con vigas de liga para mejorar el comportamiento estructural ante esfuerzos horizontales. El proyecto debe cumplir con las **normativas ACI318**, además de considerar las recomendaciones del **reglamento AISC 360** para el diseño de los perfiles de acero estructural.

Objetivo de la Memoria de Cálculo

El propósito de esta memoria de cálculo es documentar de manera detallada los procedimientos y criterios utilizados para el diseño estructural de la nave industrial. Se busca demostrar que la estructura cumple con los requisitos de seguridad, estabilidad y funcionalidad, asegurando su correcto desempeño bajo las condiciones de carga previstas.

Para ello, se presentan los análisis de cargas y esfuerzos, verificaciones de resistencia de los materiales, revisiones de servicio y deformaciones permitidas. Asimismo, se incluyen los cálculos de cimentación, asegurando una adecuada transmisión de cargas al suelo, conforme a las condiciones geotécnicas reportadas en los estudios previos.

Esta memoria servirá como respaldo técnico para la aprobación del diseño por parte de los organismos reguladores y como referencia para la supervisión de la construcción. Además, facilitará la interpretación del comportamiento estructural a los encargados de la ejecución del proyecto.

D INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y ALCANCES

Alcance del Análisis Estructural

El análisis estructural de la nave industrial considera la evaluación de esfuerzos y deformaciones en los elementos principales bajo diferentes combinaciones de carga, conforme a lo establecido en las normativas aplicables.

Se modelará la estructura utilizando software de cálculo estructural (RFEM6), empleando un análisis de elementos finitos para determinar reacciones en los apoyos, desplazamientos, esfuerzos internos y factores de seguridad. Se considerarán los efectos de cargas muertas, cargas vivas, carga de viento y carga sísmica, **con base en los parámetros definidos por ACI318 y AISC 360.**

Adicionalmente, se evaluará la estabilidad global de la estructura, considerando efectos de segunda orden (P-Δ), pandeo local y global, así como la interacción suelo-estructura. Se verificarán los límites de desplazamiento en los pórticos y la cubierta para garantizar la seguridad estructural y el confort de los usuarios.

En cuanto a la cimentación, el análisis incluirá la comprobación de esfuerzos en las zapatas corridas, revisando la capacidad portante del suelo, la estabilidad frente al volteo y deslizamiento, y las tensiones de contacto permitidas. Con estos estudios, se garantizará que la nave industrial cumpla con los requisitos de diseño estructural, asegurando su correcto funcionamiento durante su vida útil.

1 Objetos básicos

1.1 MATERIALES

Leyenda
Configuración de hormigón

Material núm.	Nombre del material	Tipo de material	Modelo de análisis	Opciones
1	A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 Isótropo Elástico lineal	Acero	Isótropo Elástico lineal	
3	Concrete f'c = 4000 psi ACI 318-19 Isótropo Elástico lineal	Hormigón	Isótropo Elástico lineal	
4	ADN 420	Acero de armadura	Isótropo Elástico lineal	

1.1.1 MATERIALES - PROPIEDADES

Leyenda
Configuración de hormigón

Material núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Opciones
1	A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 Isótropo Elástico lineal				
	Propiedades básicas				
	Módulo de elasticidad	E	199948.0	N/mm²	
	Módulo de cortante	G	77221.3	N/mm²	
	Coefficiente de Poisson	v	0.300	—	
	Densidad de la masa	ρ	7849.05	kg/m³	
	Peso específico	γ	78.49	kN/m³	
	Coefficiente de dilatación térmica	α	0.000012	1/°C	
	Resistencias				
	Número de rangos de espesor	n	2	—	
	Cociente entre el límite elástico esperado y el mínimo límite elástico especificado	R _y	1.500	—	
	Cociente entre la resistencia a tracción esperada y la mínima resistencia a tracción especificada	R _t	1.200	—	
	Intervalo de espesor núm. 1				
	Espesor máximo	t _{máx.}	203.2	mm	
	Mínima tensión de fluencia especificada	F _y	248.211	N/mm²	
	Mínima resistencia a tracción especificada	F _u	399.896	N/mm²	
	Intervalo de espesor núm. 2				
	Mínima tensión de fluencia especificada	F _y	220.632	N/mm²	
	Mínima resistencia a tracción especificada	F _u	399.896	N/mm²	
3	Concrete f'c = 4000 psi ACI 318-19 Isótropo Elástico lineal				
	Propiedades básicas				
	Módulo de elasticidad	E	24855.6	N/mm²	
	Módulo de cortante	G	10356.5	N/mm²	
	Coefficiente de Poisson	v	0.200	—	
	Densidad de la masa	ρ	2306.66	kg/m³	
	Peso específico	γ	23.07	kN/m³	
	Coefficiente de dilatación térmica	α	0.000010	1/°C	
	Resistencias				
	Resistencia a compresión del hormigón	f'c	27.579	N/mm²	
	Módulo de rotura	f _r	3.270	N/mm²	
	Deformaciones				
	Deformación a compresión pura	ε ₀	-1.9	‰	
	Deformación última a rotura	ε _c	-3.0	‰	
	Módulos				
	Valor medio del módulo de elasticidad secante	E _{cm}	24855.6	N/mm²	
	Densidades				
	Factor para la relación entre hormigón normal y ligero	λ	1.000	—	
4	ADN 420				
	Propiedades básicas				
	Módulo de elasticidad	E	199948.0	N/mm²	
	Módulo de cortante	G	77221.3	N/mm²	
	Coefficiente de Poisson	v	0.300	—	
	Densidad de la masa	ρ	7850.00	kg/m³	
	Peso específico	γ	78.50	kN/m³	
	Coefficiente de dilatación térmica	α	0.000010	1/°C	
	Resistencias				
	Límite elástico especificado	f _y	413.685	N/mm²	
	Deformaciones				
	Deformación última	ε _{su}	50.0	‰	
	Módulos				

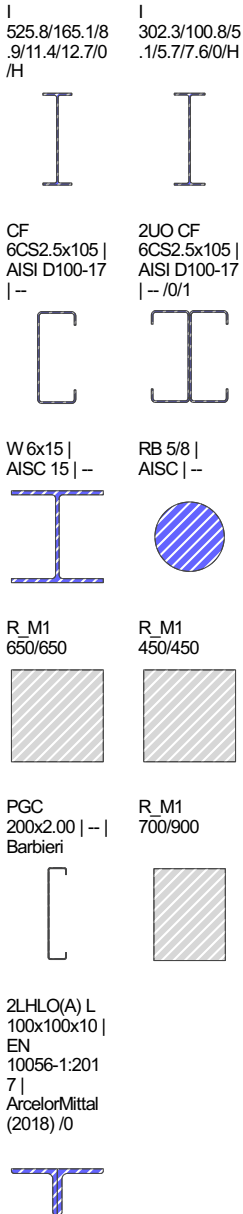
1.1.1

MATERIALES - PROPIEDADES

Material número	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Opciones
	Módulo de elasticidad	E_s	199948.0	N/mm ²	

1.2

SECCIONES



Sección número	Material número	Tipo de sección	Tipo de fabricación	I_x [cm ⁴] A [cm ²]	I_{yfu} [cm ⁴] A_{yfu} [cm ²]	I_{zfv} [cm ⁴] A_{zfv} [cm ²]	Dimensiones totales b [mm] h [mm]	
1	1	Paramétrica - Pared delgada	Laminada en caliente	27.77 83.84	35250.66 31.78	861.07 44.26	165.1	525.8
2	1	Paramétrica - Pared delgada	Laminada en caliente	2.51 26.80	3679.13 9.71	98.08 14.51	100.8	302.3
3	1	CF 6CS2.5x105 AISI D100-17 -	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16	0.19 8.06	287.62 2.22	45.37 3.19	63.5	152.4
4	1	2UO CF 6CS2.5x105 AISI D100-17 - /0/1	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16	0.88 16.13	575.23 5.40	161.70 6.37	127.0	152.4
5	1	W 6x15 AISI 15 -	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16	4.20 28.58	1211.23 16.82	387.93 7.59	152.1	152.1
6	1	RB 5/8 AISI -	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16 Arriostramientos.	0.62 1.98	0.31 1.66	0.31 1.66	15.9	15.9
7	3	R_M1 650/650 3 - Concrete $f_c = 4000$ psi ACI 318-19	Paramétrica - Maciza I	2513963.02 4225.00	1487552.08 3520.83	1487552.08 3520.83	650.0	650.0
9	3	R_M1 450/450 3 - Concrete $f_c = 4000$ psi ACI 318-19	Paramétrica - Maciza I	577504.69 2025.00	341718.75 1687.50	341718.75 1687.50	450.0	450.0
10	1	PGC 200x2.00 - Barbieri	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16	0.08 5.90	312.04 0.71	10.56 3.58	40.0	200.0
11	3	R_M1 700/900 3 - Concrete $f_c = 4000$ psi ACI 318-19	Paramétrica - Maciza I	5401663.17 6300.00	4252500.00 5250.00	2572500.00 5250.00	700.0	900.0
12	1	2LHLO(A) L 100x100x10 EN 10056-1:2017 ArcelorMittal (2018) /0	1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16	12.25 38.40	353.40 88.14	353.40 88.14	200.0	100.0

1.2.1

SECCIONES - INFORMACIÓN

Legenda

- Desactivar elementos de soldadura a cortante
- Modelo de pared delgada
- Notación de EE.UU. para las propiedades de la sección
- Rigidez al alabeo desactivada

Sección número	Ejes principales α [deg]	Alabeo I_w [cm ⁶]	Combinación Ancho. de placa gre Tipo	Desgastada w. [%]	Reducc. de T [-]	Opciones	Comentario
1	0.00		1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16				
2	0.00		1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16				
3	0.00		1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISI 360-16				
4	0.00		2 secciones en U dispuestas en paralelo, con alas hacia afuera				

1.2.1 SECCIONES - INFORMACIÓN

Sección núm.	Ejes principales α [deg]	Alabeo I_w [cm ⁴]	Combinación Tipo	Anch. de placa gre b [mm]	Desgastada w _v [%]	Reducc. de T [-]	Opciones	Comentario
5	 W 6x15 AISC 15 - 1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 0.00						    	
6	 RB 5/8 AISC - 1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 Arriostramientos. 0.00						    	Arriostramientos
7	 R_M1 650/650 3 - Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19 0.00							
9	 R_M1 450/450 3 - Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19 0.00							
10	 PGC 200x2.00 - Barbieri 1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 0.00						    	
11	 R_M1 700/900 3 - Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19 0.00							
12	 2LHLO(A) L 100x100x10 EN 10056-1:2017 ArcelorMittal (2018) /0 1 - A36 (HR Structural Shapes and Bars) AISC 360-16 17.10		2 angulares con lados horizontales hacia afuera, sin interacción				 	

1.3 ESPESORES

Espes. núm.	Tipo	Asignada a superficie núm.	Material	Símbolo	Valor	Unidad	Nudos	Dirección
1	 Uniforme d : 200.0 mm 3 - Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19  Uniforme	1	 3	d	200.0	mm		

2 Cálculo de hormigón

2.1 OBJETOS A DIMENSIONAR

	Tipo de objeto	Calcular todo	Selección	Objetos a dimensionar Dimensionar	Quitados	No válidos/desact.	Comentario
	Barras	☐	270	270			
	Barras representativas	☐					
	Superficies	☐					
	Nudos	☐					

2.2 SITUACIONES DE PROYECTO

SP núm.	Tipo de situación de proyecto ASCE 7 2022	Para calcular	Activa	Tipo de situación de proyecto ACI 318 2019	Combinaciones para el cálc. por el método de enumeración
1	 Apartado 2.3 (LRFD), 1 hasta 5.	☒	☒	 Comprobación de agotamiento resistente (LRFD)	CO2
2	 Apartado 2.4 (ASD), 1 hasta 7.	☐	☒	 Comprobación de agotamiento resistente (LRFD)	

2.3 MATERIALES

Leyenda
 Configuración de hormigón

Material núm.	Nombre	Para calcular	Tipo de material	Opciones	Comentario
3	 Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19	☒	 Hormigón		
4	 ADN 420	☒	 Acero de armadura		

2.3.1 MATERIALES - PARÁMETROS DEL HORMIGÓN

Material núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Comentario
3	 Concrete f _c = 4000 psi ACI 318-19 Isótropo Tamaño máximo del árido Clase de cemento Tipo de hormigón	Elástico lineal d _{arido}	N (normal) Monolítico	16 mm	
4	 ADN 420				

2.3.2

MATERIALES - PROPIEDADES DEL HORMIGÓN DEPENDIENTES DEL TIEMPO

Leyenda
Configuración de hormigón

Material número	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Opciones
3	Concrete f'c = 4000 psi ACI 318-19 Isótropo Elástico lineal				
	Fluencia				
	Retracción				

2.4

SECCIONES

Leyenda
Rigidez al alabeo
desactivada

Sección número	Nombre	Material	Para calcular	Tipo de sección	Usar otra sección para el cálculo	Opciones
7	R_M1 650/650	3	☒	Paramétrica - Maciza I	--	A
9	R_M1 450/450	3	☒	Paramétrica - Maciza I	--	A
11	R_M1 700/900	3	☒	Paramétrica - Maciza I	--	A

2.5

ESPESORES

Espes. número	Nombre	Tipo	Material	Para calcular	Usar otro espesor d [mm] para cálc.
1	Uniforme d : 200.0 mm 3 - Concrete f'c = 4000 psi ACI 318-19	Uniforme	3	☒	--

2.6

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA

Config. número	Nombre	Nudos	Barras	Conj. de barras	Asignada a Superficies	Conj. de superficies	Muros de cortante	Alas de gran cara	Comentario
1	Configuración de resistencia a PEDESTALES DE CIMENTACION	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo			

2.6.1

CONFIGURACIONES DE ESTADOS LÍMITE ÚLTIMO - PARÁMETROS

Config. número	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
1	Configuración de resistencia PEDESTALES DE CIMENTACION			

2.6.2

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA. PARÁMETROS. BARRAS

Config. número	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
1	Configuración de resistencia PEDESTALES DE CIMENTACION			
	Considerar esfuerzos internos para el cálculo de hormigón			
	☒ Esfuerzos axiales N _{Ed}			
	Tolerancia para esfuerzos axiales	N _{Ed} ≥	0.0001	kN
	☒ Momentos flectores M _{y,Ed}			
	Tolerancia para momentos flectores respecto al eje y	M _{y,Ed} ≥	0.0001	kNm
	☒ Momentos flectores M _{z,Ed}			
	Tolerancia para momentos flectores respecto al eje z	M _{z,Ed} ≥	0.0001	kNm
	☒ Momentos torsores M _{T,Ed}			
	Tolerancia para momentos torsores	M _{T,Ed} ≥	0.0001	kNm
	☒ Esfuerzos cortantes V _{y,Ed}			
	Tolerancia para esfuerzos cortantes en el eje y	V _{y,Ed} ≥	0.0001	kN
	☒ Esfuerzos cortantes V _{z,Ed}			
	Tolerancia para esfuerzos cortantes en el eje z	V _{z,Ed} ≥	0.0001	kN
	Reducción del esfuerzo interno en dirección z			
	☐ Redistribución de momentos en barras de flexión continuas según 6.6.5			
	☒ Reducción del cortante en el apoyo según 9.4.3.2			
	Armadura longitudinal necesaria			
	Disposición de la armadura			
	☒ Incluir el esfuerzo de tracción debido al cortante en la armadura longitudinal necesaria según 9.7.3			
	Optimizar la armadura existente			
	Armadura longitudinal existente			
	☒ Verificación para el esfuerzo de tracción en la armadura longitudinal, incluye tracción debida a cortante según 9.7.3			
	Factores			
	Coefficientes de reducción de resistencia según 21.2.1			
	Resistencia a compresión	Φ _c	0.650	--

2.6.2

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA. PARÁMETROS. BARRAS

Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
	Resistencia a tracción	Φ_t	0.900	--
	Cortante y torsión	$\Phi_{V,T}$	0.750	--
	Armadura mínima según la norma			
	☒ Armadura longitudinal mínima según la norma			
	☒ Armadura mínima de cortante según la norma			
	☒ Armadura mínima de construcción			
	Armadura de cortante necesaria. Capacidad a cortante			
	☒ Usar armadura longitudinal necesaria			
	☐ Usar armadura longitudinal existente			
	Capacidad a torsión			
	Tipo de torsión según 22.7.1.1 y 22.7.3.1			Torsión de equilibrio
	Armadura de cortante y torsión			
	Resistencia a cortante nominal V_c según la tabla 22.5.5.1			Máx. de las ecuaciones a), b)
	Inclinación de la biela de hormigón según 22.7.6.1	θ	45.00	deg
	Limitación de la profundidad de la fibra neutra			
	☐ Considerar la limitación de la profundidad de la fibra neutra según 9.3.3.1			
	Configuración de cálculo			
	☐ Área neta de hormigón			
	Factor de recubrimiento epoxi			
	☐ Armadura con recubrimiento de epoxi y armadura con doble capa de zinc y epoxi			
	☒ Armadura sin recubrimiento o con recubrimiento de zinc (galvanizado)			
	Configuración para comprobación de estabilidad			
	Pilar sin arriostrar			
	Índice de estabilidad para la planta en dirección y	Q_y	0.05	--
	Índice de estabilidad para la planta en dirección z	Q_z	0.05	--
	Coefficiente de reducción de rigidez para considerar la fluencia debida a una carga prolongada			
	Relación entre la carga axial prolongada y la carga axial factorizada	β_{dms}		Simplificado según R6.6.4.4.4
	Relación entre la carga a cortante prolongada y la carga a cortante factorizada en dirección y	β_{dsy}		Calculado a partir de una carga prolongada asignada
	Relación entre la carga a cortante prolongada y la carga a cortante factorizada en dirección z	β_{dsz}		Calculado a partir de una carga prolongada asignada
	Armadura necesaria			
	Disposición de la armadura			Uniformemente circundante
	Diámetro de la armadura para el cálculo preliminar			Máx. de todo
	Mayoración de momentos			
	Método de mayoración δ_s del momento traslacional			Método Q, 6.6.4.6.2(a)

2.6.3

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA. PARÁMETROS. SUPERFICIES

Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
1	Configuración de resistencia PEDESTALES DE CIMENTACION			
	Método de cálculo			
	☐ Sin optimización de los esfuerzos internos de cálculo (recomendado para componentes cargados en su mayoría por compresión)			
	☒ Optimización de esfuerzos internos de cálculo (recomendado para componentes sujetos a una tensión adicional o de tracción)			
	Diagrama de esfuerzos internos usado para el cálculo			
	☒ Resta de los componentes de nervios para el cálculo del estado límite de agotamiento resistente y para el método analítico de cálculo del ELS			
	Factores			
	Coefficientes de reducción de resistencia según 21.2.1			
	Resistencia a compresión	Φ_c	0.650	--
	Resistencia a tracción	Φ_t	0.900	--
	Cortante y torsión	$\Phi_{V,T}$	0.750	--
	Límites de áreas de armadura			
	☒ Armadura longitudinal mínima según la norma			

2.6.3

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA. PARÁMETROS. SUPERFICIES

Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
	☒ Armadura longitudinal mínima para placas según la tabla 7.6.1.1, 8.6.1.1 Dirección de la armadura mínima ☒ En la cara traccionada principal ☐ En dirección de la tracción ☐ Definida ☐ Armadura longitudinal mínima para muros según el capítulo 11 ☐ Cuantía mínima de armadura longitudinal definida por el usuario ☐ Cuantía máxima de armadura longitudinal definida por el usuario ☒ Armadura mínima de cortante según 7.6.3 ☐ Porcentaje mínimo de armadura de cortante definido por el usuario Armadura de cortante necesaria. Capacidad a cortante ☒ Usar armadura longitudinal necesaria ☐ Usar armadura longitudinal existente Armadura de cortante y torsión Resistencia a cortante nominal V_c según la tabla 22.5.5.1 Inclinación de la biela de hormigón según 22.7.6.1 Limitación de la profundidad de la fibra neutra ☐ Considerar la limitación de la profundidad de la fibra neutra según 9.3.3.1 Exposición	θ	Ecuación a) 45.00	deg
			Interior	

2.6.4

CONFIGURACIONES DE RESISTENCIA. PARÁMETROS. PUNZONAMIENTO

Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
1	Configuración de resistencia PEDESTALES DE CIMENTACION Carga de punzonamiento Carga de punzonamiento usada para pilares Carga de punzonamiento usada para muros Distancia al perímetro usado para integración ($k * d$) Parámetros adicionales Separación mínima de perímetros de armadura Factores Coeficientes de reducción de resistencia según 21.2.1 Resistencia a tracción Cortante y torsión Área cargada del nudo de punzonamiento ☐ Definir área cargada para un nudo de punzonamiento tipo "Pilar" ☐ Definir espesores de muro para un nudo de punzonamiento tipo "Muro"	k S_{min} Φ_t Φ_{VT}	Fuerza simple del pilar / de la carga / del apoyo en nudo Esfuerzo cortante suavizado sobre el perímetro definido 2.00 0.100 0.900 0.750	-- m -- --

2.7

CONFIGURACIONES DE ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Config. núm.	Nombre	Nudos	Barras	Conj. de barras	Asignada a Superficies	Conj. de superficies	Muros de cortante	Placas de gran carga	Comentario
1	ELS - Pedestales o fustes de cimentación		Todo	Todo	Todo	Todo			

2.7.1

CONFIGURACIONES DE ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO - PARÁMETROS

Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
1	ELS - Pedestales o fustes de cimentación Análisis de fisura ☒ Control sin cálculo directo de abertura de fisura ☒ Cálculo de la separación máxima de armaduras s_{lim} según 24.3.2 ☒ Control con cálculo directo de abertura de fisura ☒ Abertura de fisura razonable según ACI PRC-224-01 Valores límite superiores (-z) de abertura de fisura Valores límite inferiores (+z) de abertura de fisura ☐ Valores límite definidos por el usuario de abertura de fisura ☒ Armadura longitudinal mínima debida a la retracción y la temperatura según 24.4.3		0.300 0.300	

2.7.1

CONFIGURACIONES DE ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO - PARÁMETROS

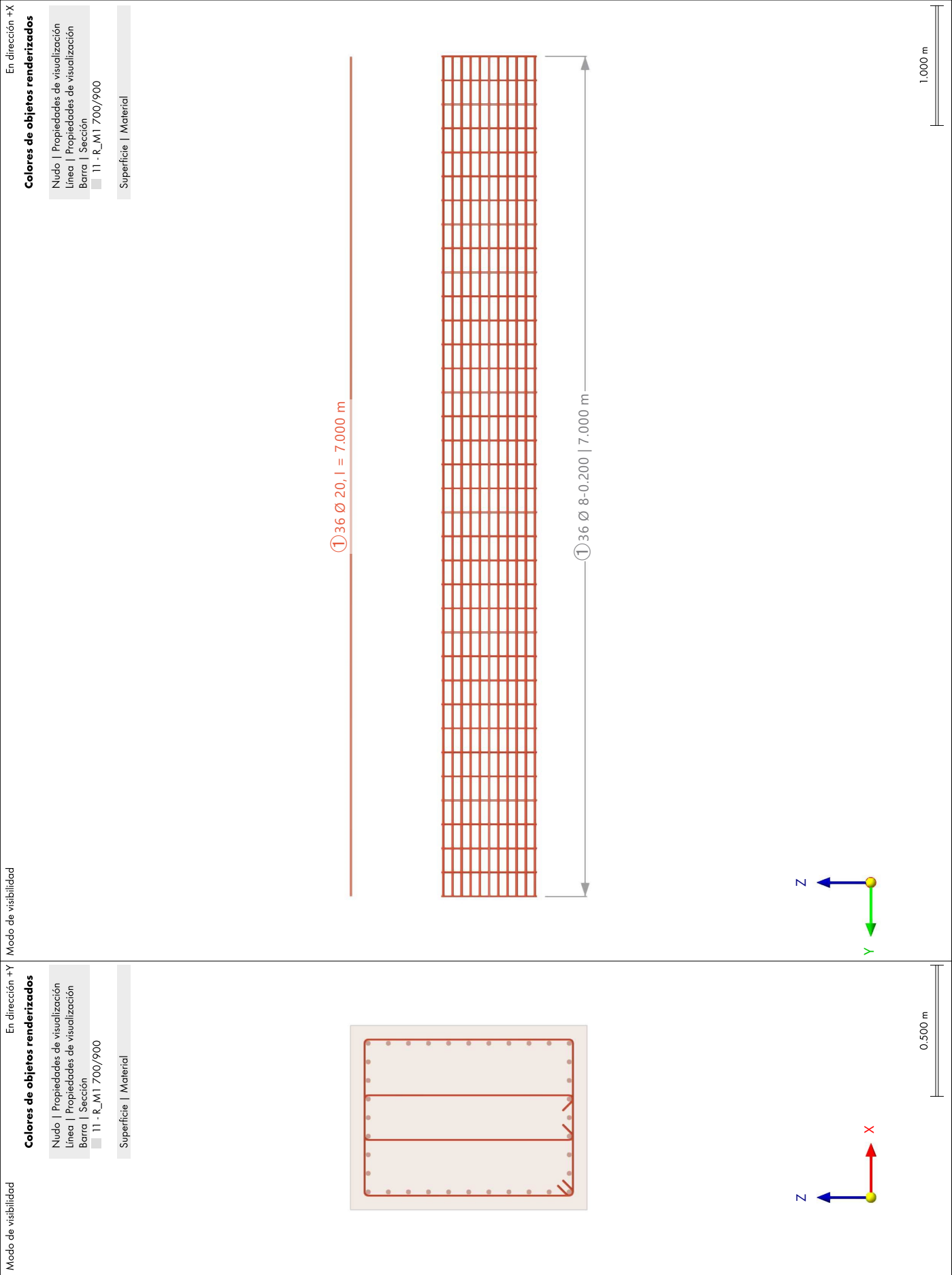
Config. núm.	Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
	Dirección de la armadura mínima en superficies			
	☒ Dirección de la armadura superior -z - Dirección de la armadura φ_1			
	☒ Dirección de la armadura superior -z - Dirección de la armadura φ_2			
	☒ Dirección de la armadura inferior +z - Dirección de la armadura φ_1			
	☒ Dirección de la armadura inferior +z - Dirección de la armadura φ_2			
	Análisis de flecha			
	☒ Limitación de flecha			
	Valores límite de flecha admisible			
	Apoyo en ambos lados			
	Límite	$L /$	500	--
	Apoyo en un lado			
	Límite	$L_c /$	500	--
	☒ Considerar la resistencia del hormigón entre fisuras (efecto de la rigidez a tracción)			
	☐ Considerar el valor mínimo del factor de distribución			
	☒ Cálculo de flechas dependientes del tiempo			
	☒ Factor dependiente del tiempo según la tabla 24.2.4.1.3			
	Duración de la carga:		60	meses
	☐ Propiedades del material dependientes del tiempo (fluencia, retracción) según ACI 435			
	Detección del estado de fisuración			
	☒ Estado fisurado calculado a partir de la carga asociada			
	☐ Estado fisurado determinado como envolvente a partir de todas las situaciones de proyecto de estado límite de servicio			
	☐ Estado de fisuración independiente de la carga			

2.8

Resultados



2.8.1 DISTRIBUCIÓN DE REFUERZOS EN BARRAS DE HORMIGÓN



En dirección +Y

Modo de visibilidad

Colores de objetos renderizados

Nudo | Propiedades de visualización

Línea | Propiedades de visualización

Barra | Sección

■ 11 - R_M1 700/900

Superficie | Material

2.8.2 ERRORES Y ADVERTENCIAS

Cálculo de hormigón

	Objetos		Posición [m]	Situación d proyecto	Carga núm.	Verificación		Tipo	Descripción
	Tipo	núm.				de diseño η [-]			
	Barra	270	x: 5.775	SP1	CO2	1.570	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7
	Barra	270	x: 5.775	SP1	CO2	1.570	!	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
	Barra	270	x: 3.325	SP1	CO2	1.412	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2

2.8.3 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR SITUACIÓN DE PROYECTO

Cálculo de hormigón

Situación de proyecto	Barra núm.	Posición x [m]	Carga núm.	de cálculo η [-]		Tipo	Verificación	Fórmula	Descripción
SP1	Apartado 2.3 (LRFD), 1 hasta 5.								
	270	7.000	CO2		0.040	✓	SD0400.00	$\eta = \eta_{M,N} = 0.04 \leq 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
		7.000	CO2		0.224	✓	SD0500.00	$\eta = \max(V_u / (\Phi_{V,T} * V_n), V_u / V_{m\acute{a}x}) = 0.224 \leq 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco
		5.775	CO2		1.570	!	SD0700.00	$\eta = \min(T_u / (\Phi_{V,T} * T_n) , T_u / (\Phi_{V,T} * T_n)) = 1.57 > 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7
		6.387	CO2		0.235	✓	SD0701.00	$\eta = f_{c,T,V,m\acute{a}x} / f_{c,T,V,l\acute{i}m} = 0.235 \leq 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7
		5.775	CO2		1.570	!	SD0702.00	$\eta = F_{u,sw} / (F_{n,sw} * \Phi_{V,T}) = 1.57 > 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
		7.000	CO2		0.095	✓	SD0703.00	$\eta = f_{s,total} / f_y = 0.095 \leq 1.0$	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3
		3.325	CO2		0.235	✓	RL0600.00	$\eta = A_{s,min} / A_s = 0.235 \leq 1.0$	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2
		0.000	CO2		0.000	✓	RL0601.00	$\eta = A_{v,min} / A_v = 0 \leq 1.0$	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1
		3.325	CO2		1.412	!	RL0602.00	$\eta = A_{v,min} / (2 * A_v) = 1.412 > 1.0$	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
		0.000	CO2		0.232	✓	RL0603.00	$\eta = A_{v,min} / A_v = 0.232 \leq 1.0$	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3
		0.000	CO2		0.503	✓	DR0200.00	$\eta = \max(s_{h,min} / s_h, s_{v,min} / s_v) = 0.503 \leq 1.0$	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2
		0.000	CO2		0.000	✓	DR0210.00	$\eta = 0 = 0 \leq 1.0$	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según 9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2
		0.000	CO2		0.000	✓	DR0211.00	$\eta = 0 = 0 \leq 1.0$	Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2
		0.000	CO2		0.656	✓	DR0214.00	$\eta = s / s_{m\acute{a}x} = 0.656 \leq 1.0$	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

2.8.4 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR CARGA

Cálculo de hormigón

Carga núm.	Barra núm.	Posición x [m]	Situación de proyecto	Verificación		Tipo	Descripción	
				de cálculo η [-]				
CO2	Situación de proyecto en estado límite de agotamiento resistente 3 1.20D1 + 1.20D2 + 1.60Lr							
	270	7.000	SP1		0.040	✓	SD0400.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
		7.000	SP1		0.224	✓	SD0500.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco
		5.775	SP1		1.570	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7
		6.387	SP1		0.235	✓	SD0701.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7
		5.775	SP1		1.570	!	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
		7.000	SP1		0.095	✓	SD0703.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3
		3.325	SP1		0.235	✓	RL0600.00	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2
		0.000	SP1		0.000	✓	RL0601.00	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1
		3.325	SP1		1.412	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
		0.000	SP1		0.232	✓	RL0603.00	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3
		0.000	SP1		0.503	✓	DR0200.00	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2
		0.000	SP1		0.000	✓	DR0210.00	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según

2.8.4 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR CARGA

Cálculo de hormigón

Carga núm.	Barra núm.	Posición x [m]	Situación de proyecto	Verificación		Tipo	Descripción
				de cálculo η [-]			
CO2	270	0.000 $\pm$	SP1	0.000	✓	DR0211.00	9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2 Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2
		0.000 $\pm$	SP1	0.656	✓	DR0214.00	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

2.8.5 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR MATERIAL

Cálculo de hormigón

Material núm.	Barra núm.	Posición x [m]	Situación de proyecto	Carga núm.	Verificación		Tipo	Descripción	
					de cálculo η [-]				
3	270	Concrete $f_c = 4000$ psi ACI 318-19 Isótropo Elástico lineal							
		7.000 $\pm$	SP1	CO2		0.040	✓	SD0400.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
		7.000 $\pm$	SP1	CO2		0.224	✓	SD0500.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco
		5.775	SP1	CO2		1.570	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7
		6.387	SP1	CO2		0.235	✓	SD0701.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7
		5.775	SP1	CO2		1.570	!	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
		7.000 $\pm$	SP1	CO2		0.095	✓	SD0703.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3
		3.325	SP1	CO2		0.235	✓	RL0600.00	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.000	✓	RL0601.00	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1
		3.325	SP1	CO2		1.412	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.232	✓	RL0603.00	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.503	✓	DR0200.00	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.000	✓	DR0210.00	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según 9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.000	✓	DR0211.00	Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2
		0.000 $\pm$	SP1	CO2		0.656	✓	DR0214.00	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

2.8.6 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR SECCIÓN

Cálculo de hormigón

Sección núm.	Barra núm.	Posición x [m]	Situación de proyecto	Carga núm.	Verificación		Tipo	Descripción
					de cálculo η [-]			
11	R_M1 270	700/900 3 - Concrete $f_c = 4000$ psi ACI 318-19						
		7.000 $\pm$	SP1	CO2	0.040 ✓	SD0400.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4	
		7.000 $\pm$	SP1	CO2	0.224 ✓	SD0500.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco	
		5.775	SP1	CO2	1.570 !	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7	
		6.387	SP1	CO2	0.235 ✓	SD0701.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7	
		5.775	SP1	CO2	1.570 !	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cerros de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3	
		7.000 $\pm$	SP1	CO2	0.095 ✓	SD0703.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3	
		3.325	SP1	CO2	0.235 ✓	RL0600.00	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.000 ✓	RL0601.00	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1	
		3.325	SP1	CO2	1.412 !	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.232 ✓	RL0603.00	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.503 ✓	DR0200.00	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.000 ✓	DR0210.00	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según 9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.000 ✓	DR0211.00	Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2	
		0.000 $\pm$	SP1	CO2	0.656 ✓	DR0214.00	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3	

2.8.7 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR BARRA

Cálculo de hormigón

Barra núm.	Posición x [m]	Situación de proyecto	Carga núm.	Verificación de cálculo η [-]		Tipo	Descripción
270	Viga 11 - R_M1 700/900 L : 7.000 m						
	7.000 ±	SP1	CO2	0.040	✓	SD0400.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
	7.000 ±	SP1	CO2	0.224	✓	SD0500.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco
	5.775	SP1	CO2	1.570	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7

2.8.7 RAZÓN DE TENSIONES EN BARRAS POR BARRA

Cálculo de hormigón

Barra número	Posición x [m]	Situación de proyecto	Carga número	Verificación		Tipo	Descripción
				de cálculo η [-]			
270	6.387	SP1	CO2	0.235	✓	SD0701.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7
	5.775	SP1	CO2	1.570	!	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
	7.000	SP1	CO2	0.095	✓	SD0703.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3
	3.325	SP1	CO2	0.235	✓	RL0600.00	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2
	0.000	SP1	CO2	0.000	✓	RL0601.00	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1
	3.325	SP1	CO2	1.412	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
	0.000	SP1	CO2	0.232	✓	RL0603.00	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3
	0.000	SP1	CO2	0.503	✓	DR0200.00	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2
	0.000	SP1	CO2	0.000	✓	DR0210.00	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según 9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2
	0.000	SP1	CO2	0.000	✓	DR0211.00	Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2
	0.000	SP1	CO2	0.656	✓	DR0214.00	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

2.8.8 ESFUERZOS INTERNOS DETERMINANTES POR BARRA

Cálculo de hormigón

Barra núm.	Posición x [m]	Situación d proyecto	Carga núm.	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]			Verificación		Tipo	Descripción	
				N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z	η [-]				
270	Viga 11 - R_M1 700/900 L : 7.000 m													
	7.000	≡	SP1	CO2	1.02	-56.90	-35.56	94.48	-8.58	47.31	0.040	✓	SD0400.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
	7.000	≡	SP1	CO2	1.02	-56.90	-35.56	94.48	-8.58	47.31	0.224	✓	SD0500.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a cortante según 22.5 Para η > 1.0, se requiere armadura del cerco
	5.775		SP1	CO2	36.06	-23.39	-25.26	97.60	11.62	6.87	1.570	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7
	6.387		SP1	CO2	19.12	-38.62	-30.55	96.47	3.05	21.45	0.235	✓	SD0701.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7
	5.775		SP1	CO2	36.06	-23.39	-25.26	97.60	11.62	6.87	1.570	!	SD0702.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3
	7.000	≡	SP1	CO2	1.02	-56.90	-35.56	94.48	-8.58	47.31	0.095	✓	SD0703.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3
	3.325		SP1	CO2	61.84	-6.13	-0.78	88.06	21.67	-12.99	0.235	✓	RL0600.00	Límites de armadura Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.000	✓	RL0601.00	Límites de armadura Armadura mínima de cortante según 9.6.3.1
	3.325		SP1	CO2	61.84	-6.13	-0.78	88.06	21.67	-12.99	1.412	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.232	✓	RL0603.00	Límites de armadura Área mínima de la armadura longitudinal para torsión según 9.6.4.3
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.503	✓	DR0200.00	Detalle de la armadura Separación de barras según 25.2
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.000	✓	DR0210.00	Detalle de la armadura Separación máxima longitudinal entre armaduras de cortante según 9.7.6.2.2, 10.7.6.5.2
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.000	✓	DR0211.00	Detalle de la armadura Separación máxima de ramas de armadura de cortante según 9.7.6.2.2
	0.000	≡	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	0.656	✓	DR0214.00	Detalle de la armadura Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

2.8.9 ESFUERZOS INTERNOS DETERMINANTES SEGÚN EXTREMO DE BARRA

Cálculo de hormigón

Barra núm.	Posición x [m]	Situación d proyecto	Carga núm.	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]			Verificación		Tipo	Descripción
				N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z	η [-]			
270	Viga 11 - R_M1 700/900 L: 7.000 m												
	0.000	SP1	CO2	7.52	-1.01	-11.30	64.12	7.51	-18.51	1.165	!	RL0602.00	Límites de armadura Armadura mínima de torsión según 9.6.4.2
	7.000	SP1	CO2	1.02	-56.90	-35.56	94.48	-8.58	47.31	1.520	!	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7

2.8.10 CARGA DETERMINANTE

Cálculo de hormigón

Carga número	Situación de proyecto	Verificación de cálculo η [-]	Tipo	Descripción	Posición
CO2	SP1	1.570	SD0700.00	Comprobación de agotamiento resistente Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7	Barra número 270 (x: 5.775 m)

2.8.11 Armadura en barras

2.8.11.1 ARMADURA NECESARIA POR BARRA

Cálculo de hormigón

Barra número	Nudo número	Posición x [m]	Carga número	Situación d proyecto	Áreas de armadura longitudinal [cm²]							Áreas de cerco [cm²/m]			Comentario
					A _{s,nec,-z}	A _{s,nec,+z}	A _{s,nec}	A _{l,nec}	A _{s,nec,tot,-z}	A _{s,nec,tot,+z}	A _{s,nec,tot}	a _{v,nec}	a _{l,nec}	a _{l,t,nec}	
Extremos 270	271	0.000	CO2	SP1	15.33	1.23	16.56	26.25	28.46	14.36	42.81	5.86	2.93	5.86	
		3.325	CO2	SP1	0.55	22.18	22.73	26.25	13.68	35.30	48.98	7.10	3.56	7.12	
		3.325	CO2	SP1	0.55	22.18	22.73	26.25	13.68	35.30	48.98	7.10	3.56	7.12	
	271	0.000	CO2	SP1	15.33	1.23	16.56	26.25	28.46	14.36	42.81	5.86	2.93	5.86	
		0.000	CO2	SP1	15.33	1.23	16.56	26.25	28.46	14.36	42.81	5.86	2.93	5.86	
		3.325	CO2	SP1	0.55	22.18	22.73	26.25	13.68	35.30	48.98	7.10	3.56	7.12	
		3.325	CO2	SP1	0.55	22.18	22.73	26.25	13.68	35.30	48.98	7.10	3.56	7.12	
		3.325	CO2	SP1	0.55	22.18	22.73	26.25	13.68	35.30	48.98	7.10	3.56	7.12	
		5.775	CO2	SP1	0.00	6.53	6.53	26.25	13.13	19.66	32.79	2.10	3.95	9.99	
		5.775	CO2	SP1	0.00	6.53	6.53	26.25	13.13	19.66	32.79	2.10	3.95	9.99	
Total					15.33	22.18	22.73	26.25	28.46	35.30	48.98	7.10	3.95	9.99	

2.8.11.2 ARMADURA EXISTENTE POR BARRA

Cálculo de hormigón

Barra número	Nudo número	Posición x [m]	Áreas de armadura longitudinal [cm²]			Cercos a _{v,exist} [cm²/m]	Comentario
			A _{s,exist,-z} (superior)	A _{s,exist,+z} (inferior)	A _{s,exist,tot}		
Extremos 270	271	0.000	53.41	53.41	113.10	10.05	
	271	0.000	53.41	53.41	113.10	10.05	
	271	0.000	53.41	53.41	113.10	10.05	
	271	0.000	53.41	53.41	113.10	10.05	
Total			53.41	53.41	113.10	10.05	

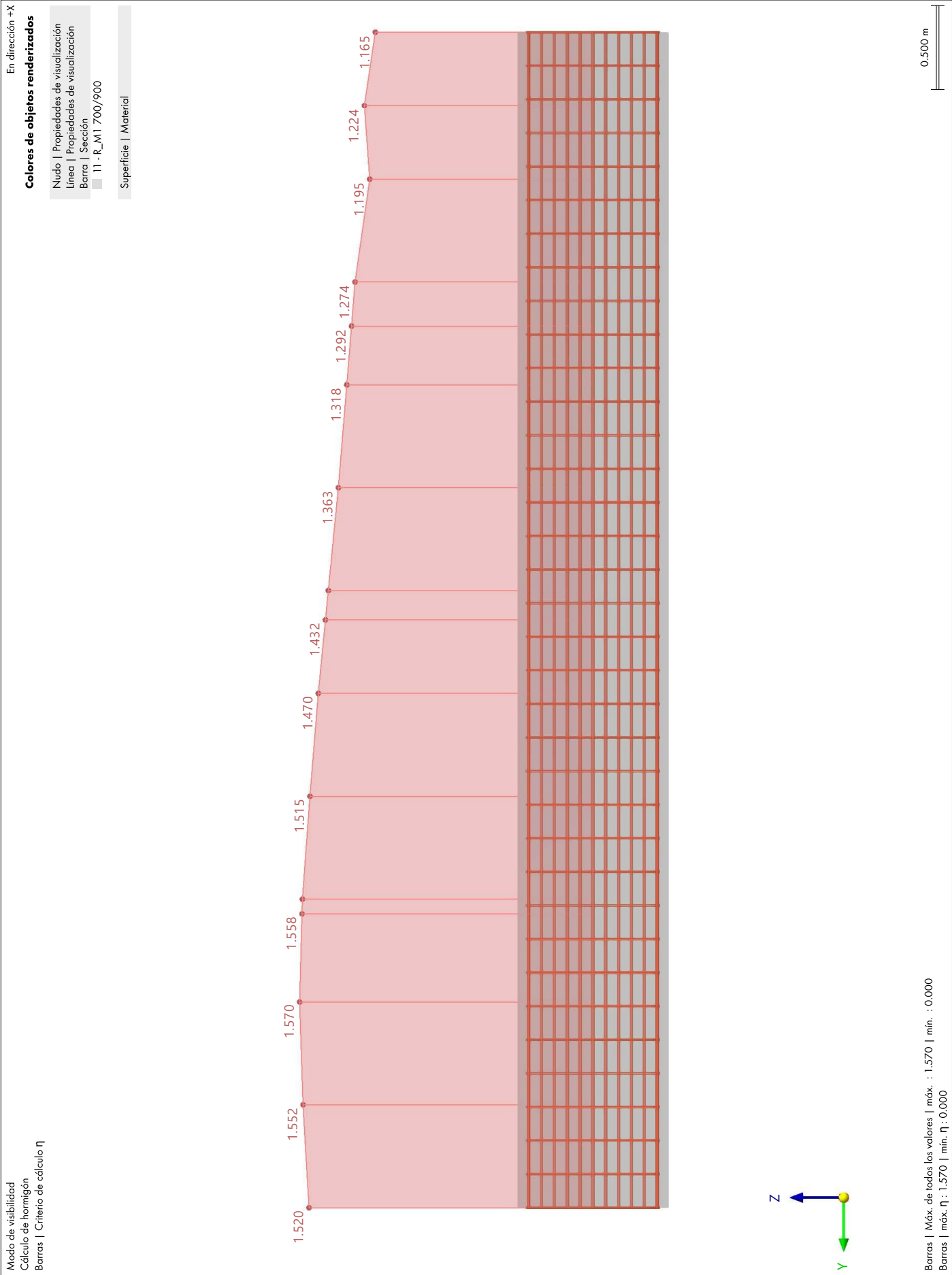
2.8.11.3 ARMADURA DE BARRAS. BARRAS

Cálculo de hormigón

Barra número	Vano de elem. número	Posición		Nombre	Armadura de barra				A _{s,exist} [cm²]	a _{sw,exist} [cm²/m]	Anclaje		Longitud l _s [m]	Comentario
		x ₁ [m]	x ₂ [m]		Tipo	d _s [mm]	n _s	s [m]			Inicio	Final		
270	1	0.000	7.000	H 36 Ø8 @0.200	Cercos	8	36	0.200	--	10.05	--	--	7.000	
	1	0.000	7.000	C 36 Ø20	Barra de armadura	20	36	--	113.10	--	--	--	7.000	

2.8.12 DISTRIBUCIÓN DE REFUERZOS EN BARRAS DE HORMIGÓN

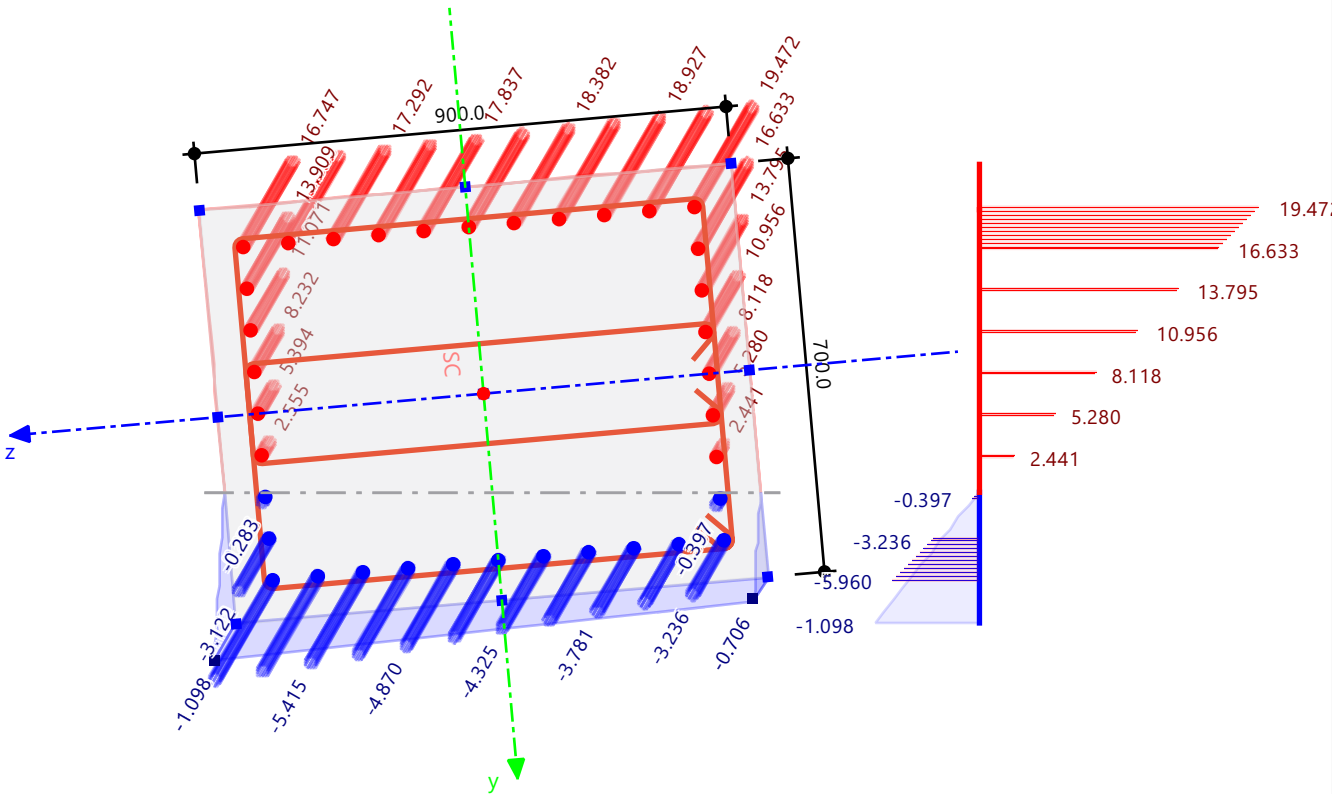
Cálculo de hormigón



2.8.13 SECCIÓN

Cálculo de hormigón

Cálculo de hormigón
Sección núm. 11 - R_M1 700/900 | 3 - Concrete f'c = 4000 psi | ACI 318-19
Barra núm. 270 | x: 7.000 m
Situación de proyecto núm. 1
Carga núm. CO2
SD0400 | Comprobación de agotamiento resistente | Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4
Armadura existente. Tensiones

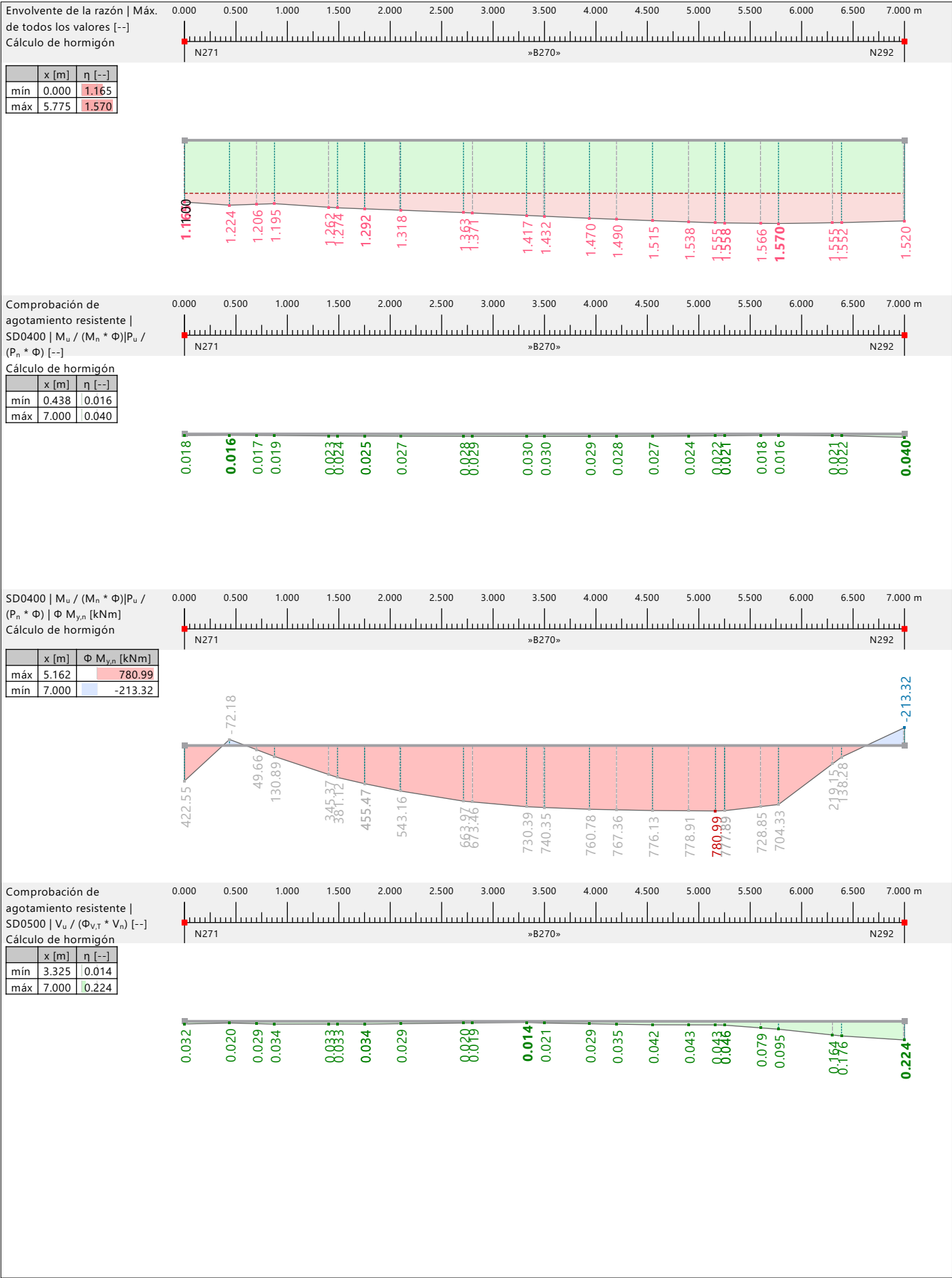


Acero
Mín : -5.960 N/mm²
Máx : 19.472 N/mm²
Hormigón
Mín : -1.098 N/mm²
Máx : 0.000 N/mm²

[mm]

2.8.14 DIAGRAMAS DE RESULTADOS - BARRA 270

Cálculo de hormigón

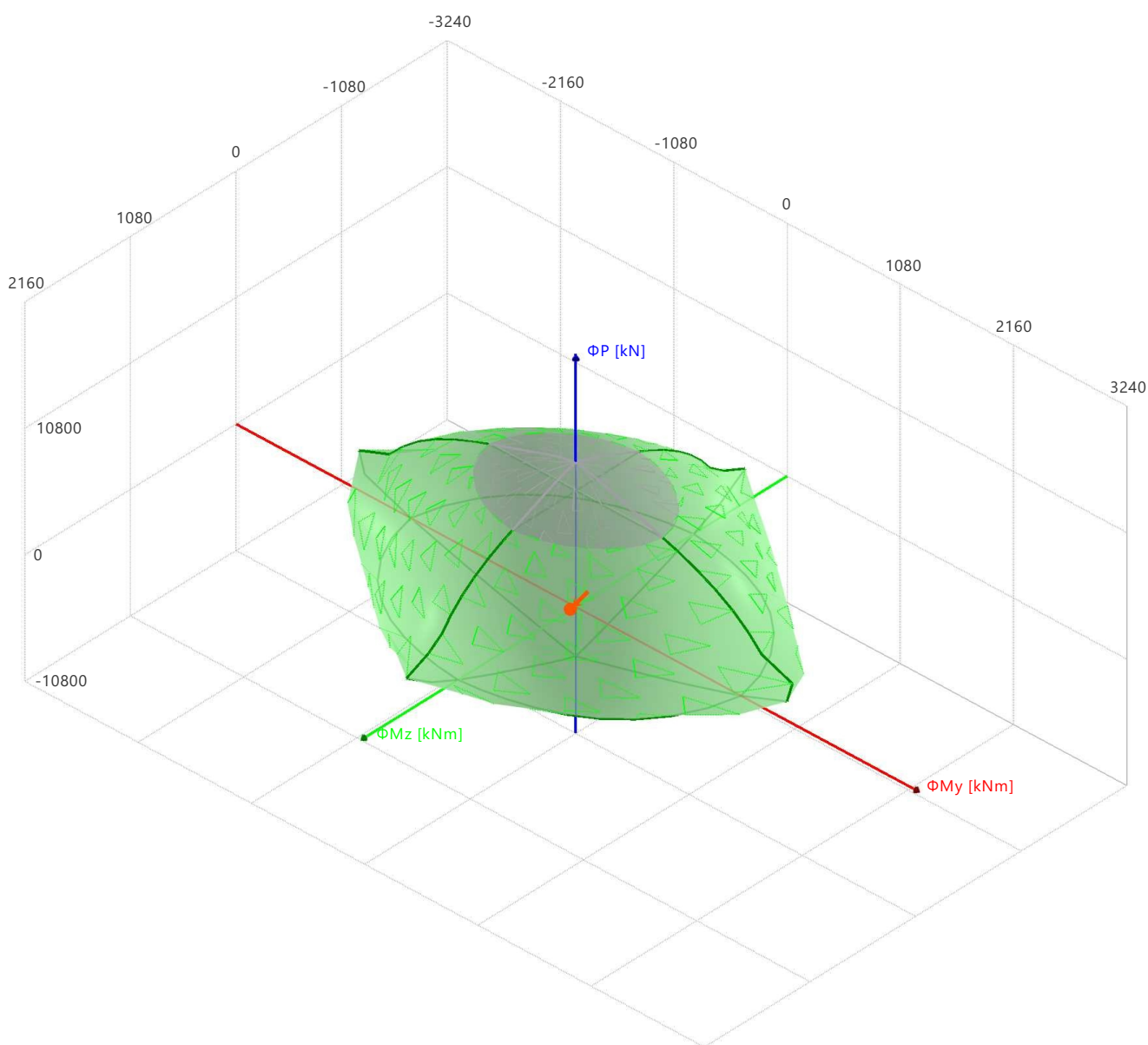


2.8.14 DIAGRAMAS DE RESULTADOS - BARRA 270

Cálculo de hormigón

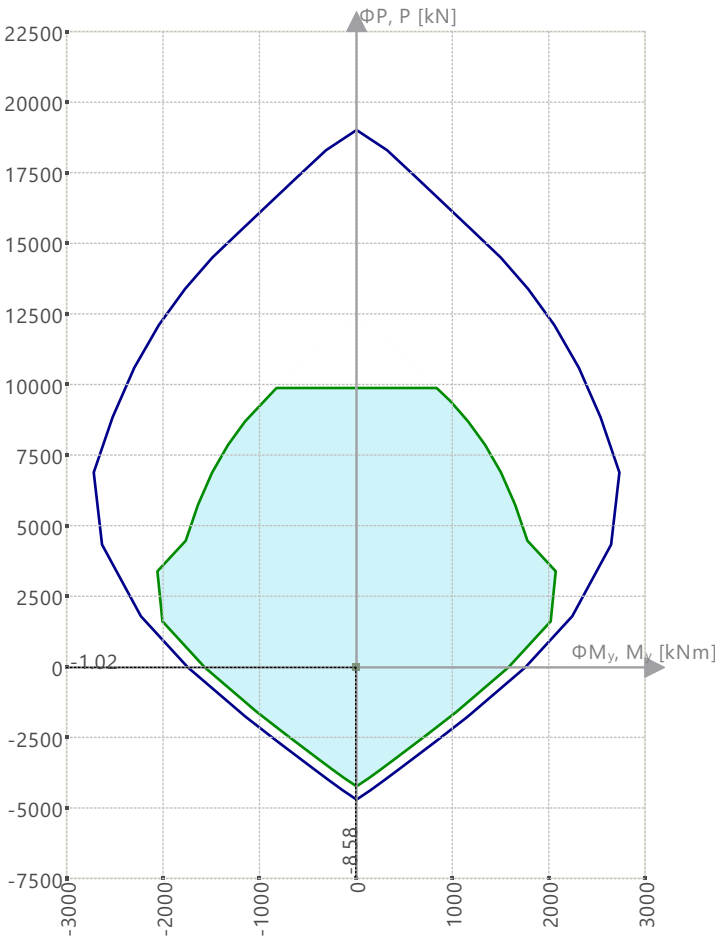


2.8.15 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN



2.8.16 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

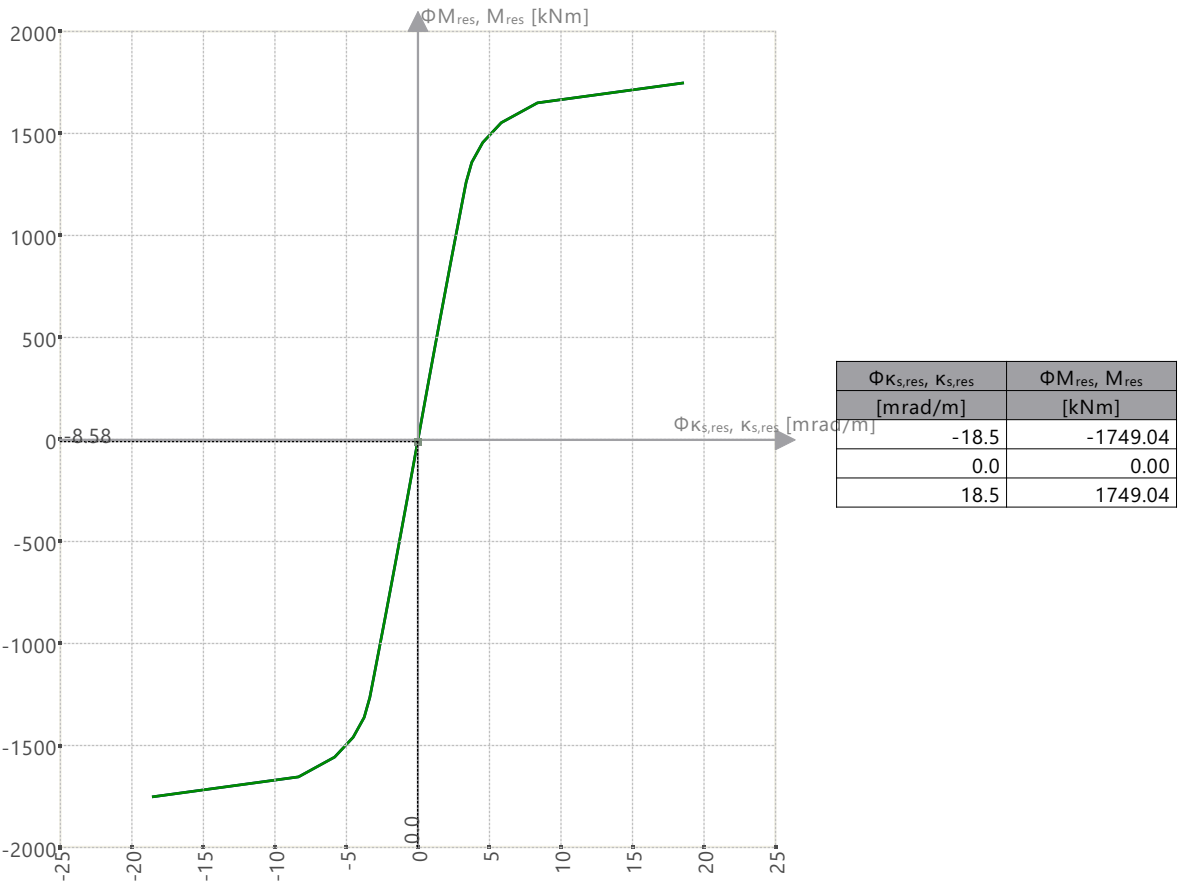
Diagramas de interacción | ΦP , P - ΦM_y , M_y



ΦM_y , M_y [kNm]	ΦP , P [kN]
-2726.06	6906.25
-0.24	19034.10
0.00	19034.10
0.24	19034.10
2726.06	6906.25
1749.04	0.00
0.24	-4678.67
0.00	-4678.67
-0.24	-4678.67
-1749.04	0.00

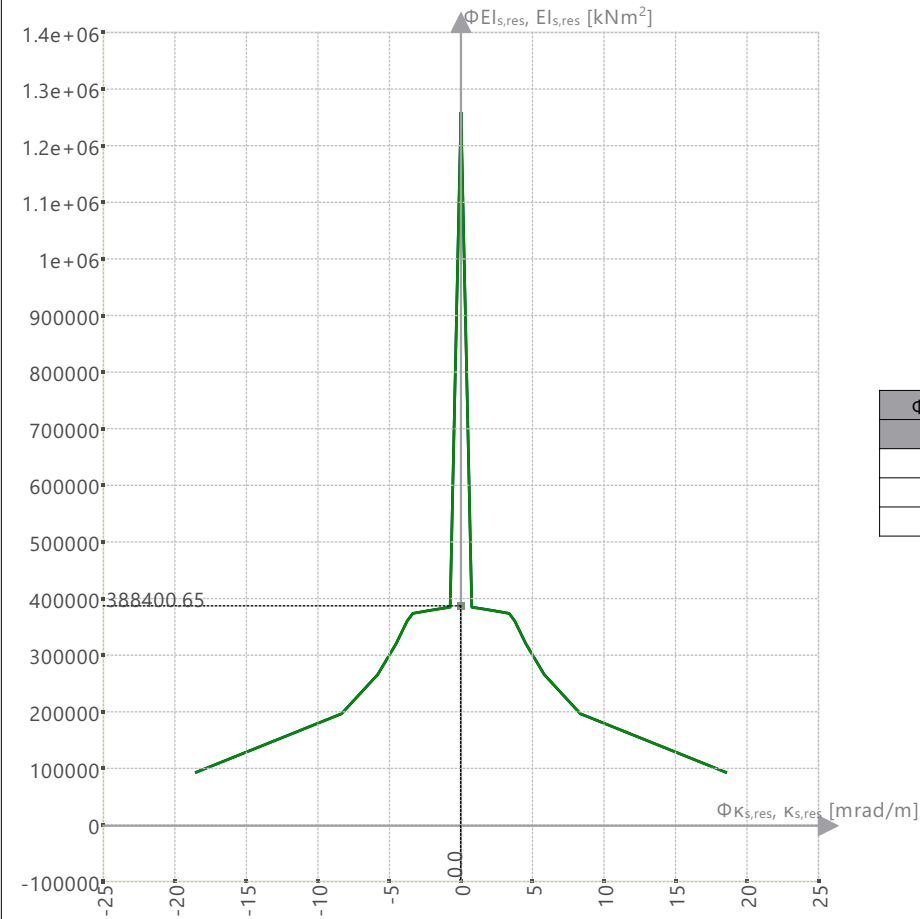
2.8.16 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Rigidez secante | $K_{s,res}$ - M_{res} | P : 0.00 kN | α : 0.00 deg



2.8.16 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

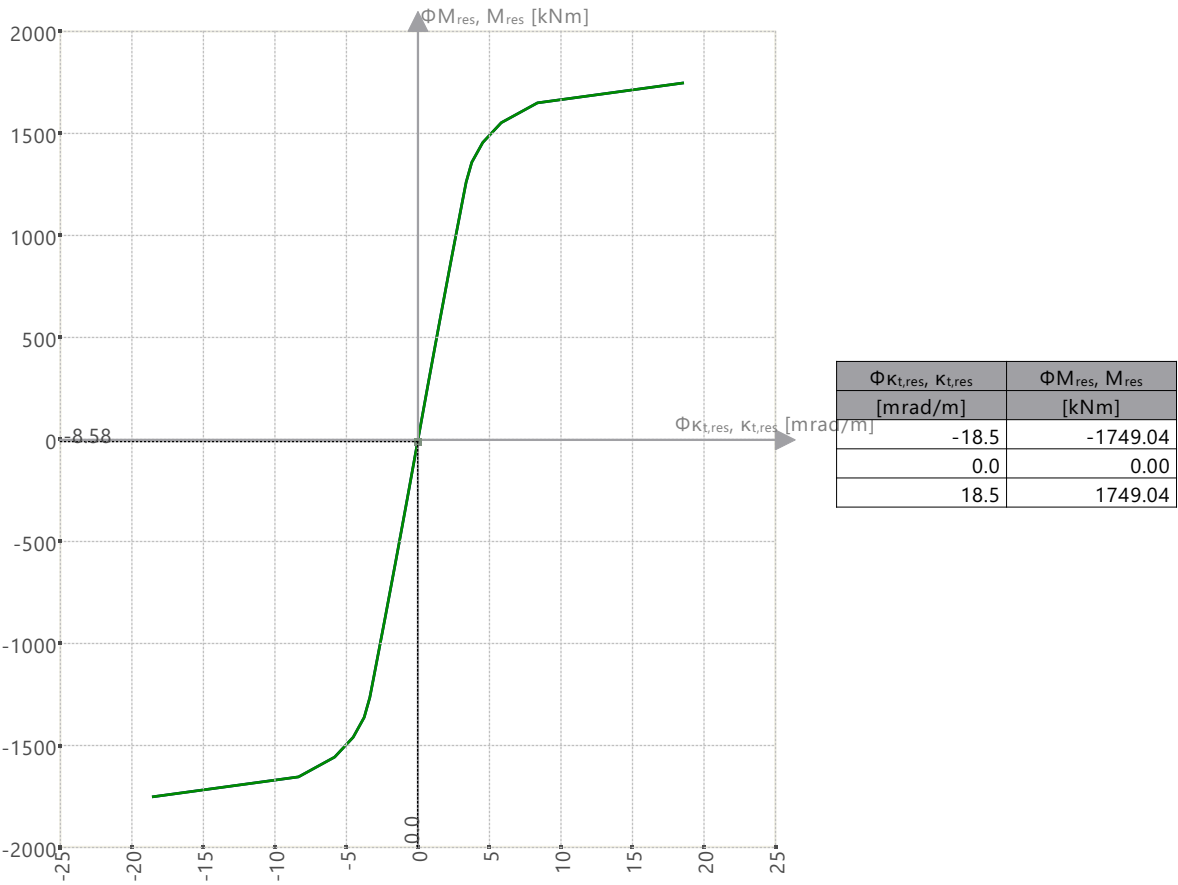
Rigidez secante | $K_{s,res}$ - $EI_{s,res}$ | P : 0.00 kN | α : 0.00 deg



$\Phi K_{s,res}, K_{s,res}$ [mrad/m]	$\Phi EI_{s,res}, EI_{s,res}$ [kNm ²]
-18.5	94525.05
0.0	1260690.36
18.5	94525.05

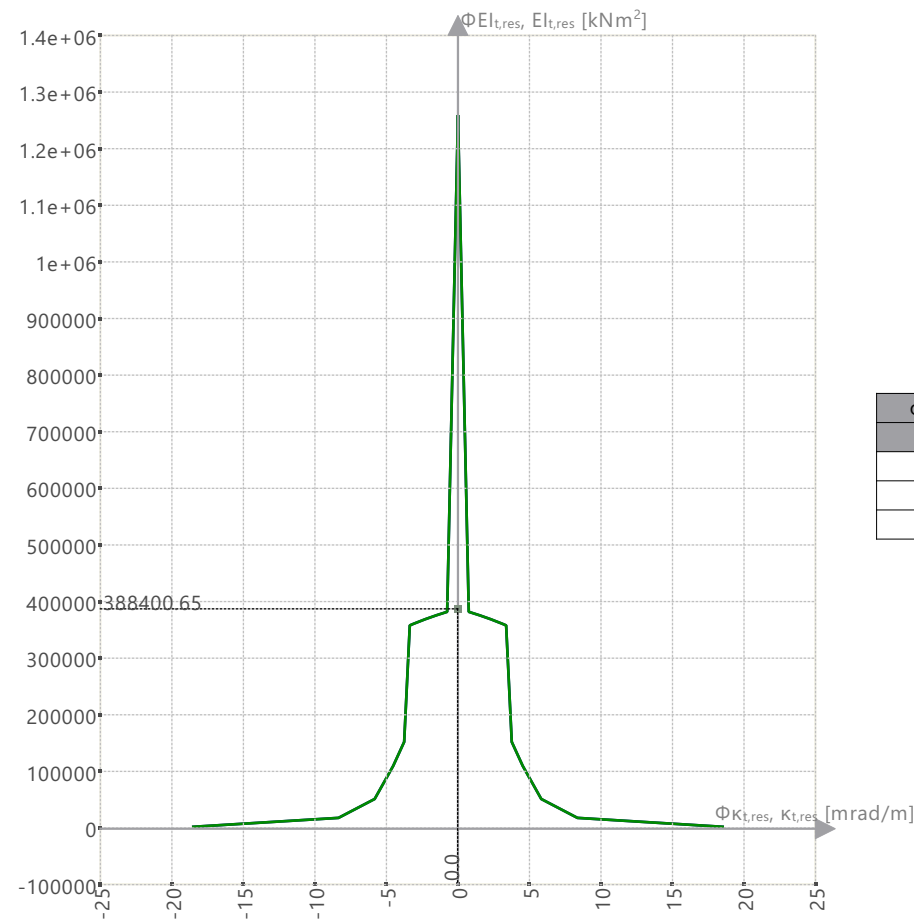
2.8.16 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Rigidez tangente | $K_{t,res}$ - M_{res} | P : 0.00 kN | α : 0.00 deg



2.8.16 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Rigidez tangente | $K_{t,res} - E_{t,res}$ | P : 0.00 kN | α : 0.00 deg



$\Phi K_{t,res}, K_{t,res}$ [mrad/m]	$\Phi E_{t,res}, E_{t,res}$ [kNm ²]
-18.5	3424.34
0.0	1260690.36
18.5	3424.34



2.9 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | DR0214

Cálculo de hormigón

Verificación DR0214 | ACI 318 | 2019

Detalle de la armadura
Separación máxima entre la armadura de torsión transversal según 9.7.6.3.3

$$s_{máx.} = \min \left(\frac{P_h}{8}, s_{máx.,lim} \right)$$
$$= \min \left(\frac{2768.0 \text{ mm}}{8}, 305 \text{ mm} \right)$$
$$= 305 \text{ mm}$$
$$\eta = \frac{s}{s_{máx.}}$$
$$= \frac{200.0 \text{ mm}}{305 \text{ mm}}$$
$$= 0.656$$

$\eta = 0.656 \leq 1$ ✓

9.7.6.3.3

9.7.6.3.3

- $s_{máx.}$ Separación máxima de la armadura transversal para vigas
- P_h Perímetro de la línea central de la armadura de torsión transversal cerrada más exterior
- $s_{máx.,lim}$ Límite de separación máxima
- s Separación de cercos



2.10 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | DR0200

Cálculo de hormigón

Verificación DR0200 | ACI 318 | 2019

Detalle de la armadura
Separación de barras según 25.2

$$s_{h,mi\ n.} = \max\left(d_b, d_{\text{árido}} \cdot \frac{4}{3}, s_{mi\ n.}\right)$$
$$= \max\left(20\text{ mm}, 16\text{ mm} \cdot \frac{4}{3}, 25\text{ mm}\right)$$
$$= 0.025\text{ m}$$
$$\eta = \max\left(\frac{s_{h,mi\ n.}}{s_h}, \frac{s_{v,mi\ n.}}{s_v}\right)$$
$$= \max\left(\frac{0.025\text{ m}}{0.051\text{ m}}, \frac{0.025\text{ m}}{0.056\text{ m}}\right)$$
$$= 0.503$$

$\eta = 0.503 \leq 1$ ✓

25.2.1

25.2

- $s_{h,min.}$ Distancia libre horizontal mínima
- d_b Diámetro de la barra con distancia libre determinante
- $d_{\text{árido}}$ Tamaño nominal del árido máximo
- $s_{min.}$ Distancia libre horizontal mínima
- s_h Distancia horizontal mínima libre de barras en la capa
- $s_{v,min.}$ Distancia libre vertical mínima
- s_v Distancia vertical mínima libre de capas de barras

2.11

BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | RL0600

Cálculo de hormigón

Verificación RL0600 | ACI 318 | 2019

Límites de armadura
Armadura mínima de flexión según 9.6.1.2

$$A_{s,mi\ n.} = \max \left(3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot \frac{d}{\min(f_y, f_{y,limit})}, \frac{200}{\min(f_y, f_{y,limit})} \cdot b_w \cdot d \right)$$
$$= \max \left(3 \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot \frac{613.8 \text{ mm}}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 551.581 \text{ N/mm}^2)}, \frac{200}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 551.581 \text{ N/mm}^2)} \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 613.8 \text{ mm} \right)$$
$$= 11.80 \text{ cm}^2$$
$$\eta = \frac{A_{s,mi\ n.}}{A_s}$$
$$= \frac{11.80 \text{ cm}^2}{69.12 \text{ cm}^2}$$
$$= 0.171$$

$\eta = 0.171 \leq 1$ ✓

9.6.1.2, ec. (a),(b)

9.6.1.2, ec. (a), (b)

- $A_{s,min.}$

Área mínima de la armadura de flexión
- $\sqrt{f'_c}$

Raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del hormigón
- b_w

La anchura más pequeña entre cordones de tracción y compresión
- d

Canto útil
- f_y

Límite elástico específico
- $f_{y,limit}$

Límite elástico específico
- A_s

Área total de la armadura de tracción longitudinal

2.12 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0703

Cálculo de hormigón

Verificación SD0703 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente

Resistencia de interacción. Uso de la armadura longitudinal de torsión debida a torsión, flexión, esfuerzo axil y cortante según 9.5.4.3 y 9.7.3

$$\begin{aligned}M_u &= \sqrt{(M_{y,u})^2 + (M_{z,u})^2} \\&= \sqrt{(-8.58 \text{ kNm})^2 + (47.31 \text{ kNm})^2} \\&= 48.08 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta F_t &= |V_u| \cdot \frac{\max(d_{V_{Ed}}, 12 \cdot d_b)}{z_{V_{Ed}}} \\&= |67.09 \text{ kN}| \cdot \frac{\max(740.1 \text{ mm}, 12 \cdot 20.0 \text{ mm})}{480.8 \text{ mm}} \\&= 103.286 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta f_{s,V,\text{compresión}} &= \frac{\max(\Delta F_t + F_{cc}, 0)}{A'_s \cdot \Phi_{V,T}} \\&= \frac{\max(103.286 \text{ kN} + -75.387 \text{ kN}, 0)}{43.98 \text{ cm}^2 \cdot 0.750} \\&= 8.457 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta f_{s,V,\text{tracción}} &= \frac{\Delta F_t}{A_s \cdot \Phi_{V,T}} \\&= \frac{103.286 \text{ kN}}{69.12 \text{ cm}^2 \cdot 0.750} \\&= 19.925 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_t &= |T_u| \cdot \frac{p_h}{2 \cdot A_{cp} \cdot \tan(\theta) \cdot \Phi_{V,T}} \\&= |94.48 \text{ kNm}| \cdot \frac{2768.0 \text{ mm}}{2 \cdot 6300.00 \text{ cm}^2 \cdot \tan(45.00 \text{ deg}) \cdot 0.750} \\&= 276.730 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta f_{s,T} &= \frac{N_t}{A_{sl,T}} \\&= \frac{276.730 \text{ kN}}{113.10 \text{ cm}^2} \\&= 24.468 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{t,y} &= \frac{f_y}{E_s} \\&= \frac{413.685 \text{ N/mm}^2}{199948.000 \text{ N/mm}^2} \\&= 2.1 \text{ ‰}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \max(\varepsilon_{s,Ed,-z(\text{superior})}, \varepsilon_{s,Ed,+z(\text{inferior})}) \\&= \max(9.2 \text{ ‰}, -1.7 \text{ ‰}) \\&= 9.2 \text{ ‰}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_t > \varepsilon_{t,y} + \varepsilon_{t,t}$$

$$\begin{aligned}\Phi &= \Phi_{tracc} \\&= 0.900\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{s,\text{total}} &= \left| \min \left(f_{s,máx.} + \Delta f_{s,V,\text{tracción}}, \frac{F_{u,máx.}}{\Phi \cdot A_s} \right) + \Delta f_{s,T} \right| \\&= \left| \min \left(21.635 \text{ N/mm}^2 + 19.925 \text{ N/mm}^2, \frac{93.49 \text{ kN}}{0.900 \cdot 69.12 \text{ cm}^2} \right) + 24.468 \text{ N/mm}^2 \right| \\&= 39.498 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{f_{s,\text{total}}}{f_y} \\&= \frac{39.498 \text{ N/mm}^2}{413.685 \text{ N/mm}^2} \\&= 0.095\end{aligned}$$

$$\eta = 0.095 \leq 1 \quad \checkmark$$

9.7.3

9.5.4.3

21.2.2, tab. 21.2.2

21.2.2, tab. 21.2.2

21.2, tab. 21.2.1

9.5.4.3, 9.7.3



2.12	BARRA NÚM. 270 SP1 CO2 7.000 M SD0703	Cálculo de hormigón
$M_{y,u}$	Momento factorizado $M_{y,u}$	
$M_{z,u}$	Momento factorizado $M_{z,u}$	
ΔF_t	Esfuerzo de tracción adicional debido a cortante	
V_u	Esfuerzo cortante factorizado	
$d_{V_{Ed}}$	Canto útil en dirección de V_{Ed}	
d_b	Diámetro de la barra	
$z_{V_{Ed}}$	Brazo mecánico interior en dirección de V_{Ed}	
$\Delta f_{s,V,compresión}$	Tensión de tracción adicional causada por esfuerzo cortante en la armadura de compresión	
F_{cc}	Esfuerzo resultante en el hormigón a compresión	
A_s'	Área de la armadura de compresión	
$\Phi_{V,T}$	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ para cortante y torsión	
$\Delta f_{s,V,tracción}$	Tensión de tracción adicional causada por esfuerzo cortante en la armadura de tracción	
A_s	Área total de la armadura de tracción longitudinal	
N_t	Esfuerzo de tracción adicional: torsión	
T_u	Momento torsor factorizado	
P_h	Perímetro de la línea central de la armadura de torsión transversal cerrada más exterior	
A_{cp}	Área encerrada por el perímetro exterior de la sección de hormigón	
θ	Inclinación de la biela de compresión	
$\Delta f_{s,T}$	Tensión de tracción adicional: torsión	
$A_{sl,T}$	Armadura longitudinal de torsión cerrada por un cerco	
$\epsilon_{t,y}$	Deformación a tracción neta utilizada para definir una sección controlada a compresión	
f_y	Límite elástico específico	
E_s	Módulo de elasticidad de la armadura	
ϵ_t	Deformación a tracción neta en la capa extrema de la armadura longitudinal de tracción en la resistencia nominal	
$\epsilon_{s,Ed,-z}$ (superior)	Deformación en la armadura superior	
$\epsilon_{s,Ed,+z}$ (inferior)	Deformación en la armadura inferior	
Φ	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ	
Φ_{tracc}	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ controlada por tracción	
$f_{s,total}$	Tensión de tracción de la barra a partir de la combinación de flexión, cortante y torsión	
$f_{s,máx.}$	Tensión de tracción máxima de la armadura	
$F_{u,máx.}$	Esfuerzo de tracción de todas las barras en la sección de la barra con momento flector máximo	

2.13

BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0702

Cálculo de hormigón

Verificación SD0702 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente

Resistencia de interacción. Uso de los cercos de torsión debidos a torsión y cortante según 9.5.4.3

$$V_u < \lim_{av,min.}$$

$$\begin{aligned} A_{v,mi\ n.} &= \max \left(0.75 \cdot \min \left(\sqrt{f'_c}, \sqrt{f'_{c,lim}} \right) \cdot b_w \cdot \frac{s}{\min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante})}, 50 \cdot b_w \cdot \frac{s}{\min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante})} \right) \\ &= \max \left(0.75 \cdot \min \left(5.252 \text{ N/mm}^2, 8.307 \text{ N/mm}^2 \right) \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)}, 50 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)} \right) \\ &= 0.96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v < A_{v,min.}$$

$$\begin{aligned} \lambda_s &= \min \left(\sqrt{\frac{2}{1 + 0.1 \cdot d}}, 1 \right) \\ &= \min \left(\sqrt{\frac{2}{1 + 0.1 \cdot 740.1 \text{ mm}}}, 1 \right) \\ &= 0.715 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_w &= \frac{A_s}{d_{V_{Ed}} \cdot b_w} \\ &= \frac{69.12 \text{ cm}^2}{740.1 \text{ mm} \cdot 577.0 \text{ mm}} \\ &= 1.62 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c(c)} &= \min \left(5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d_{V_{Ed}} \cdot \left(8 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot (\rho_w)^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{f'_c} + \min \left(0.05 \cdot f'_c, \frac{N_u}{6 \cdot A_g} \right) \right) \cdot b_w \cdot d_{V_{Ed}} \right) \\ &= \min \left(5 \cdot 1.000 \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 740.1 \text{ mm} \cdot \left(8 \cdot 0.715 \cdot 1.000 \cdot (1.62 \%)^{\frac{1}{3}} \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 + \min \left(0.05 \cdot 27.579 \text{ N/mm}^2, \frac{-1.019 \text{ kN}}{6 \cdot 6300.00 \text{ cm}^2} \right) \right) \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 740.1 \text{ mm} \right) \\ &= 269.31 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= V_{c(c)} \\ &= 269.31 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 0.85 \cdot A_{oh} \\ &= 0.85 \cdot 4688.64 \text{ cm}^2 \\ &= 3985.34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{u,sw} &= \max \left((|V_u| - V_c \cdot \Phi_{V,T}), 0 \right) \cdot \frac{s}{d \cdot (\sin(\alpha) + \cos(\alpha)) \cdot n} + \left| T_u \cdot \frac{s}{2 \cdot A_o \cdot \cot(\theta)} \right| \\ &= \max \left((|67.09 \text{ kN}| - 269.31 \text{ kN} \cdot 0.750), 0 \right) \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{740.1 \text{ mm} \cdot (\sin(90.00 \text{ deg}) + \cos(90.00 \text{ deg})) \cdot 4.000} + \left| 94.48 \text{ kNm} \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{2 \cdot 3985.34 \text{ cm}^2 \cdot \cot(45.00 \text{ deg})} \right| \\ &= 23.706 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{n,sw} &= A_t \cdot \min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante}) \\ &= 0.50 \text{ cm}^2 \cdot \min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2) \\ &= 20.794 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{F_{u,sw}}{F_{n,sw} \cdot \Phi_{V,T}} \\ &= \frac{23.706 \text{ kN}}{20.794 \text{ kN} \cdot 0.750} \\ &= 1.520 \end{aligned}$$

$$\eta = 1.520 > 1$$

9.6.3.4, 9.6.4.2, ec. (a), (b), tab. 9.6.3.4

22.5.5.1.3, ec. (22.5.5.1.3)

22.5.5.1, tab. 22.5.5.1

22.5.5.1, ec. (c), tab. 22.5.5.1

22.5.5.1, tab. 22.5.5.1

22.7.6.1.1, ec. (22.7.6.1)

9.5.4.3

$A_{v,min.}$	Área mínima de armadura de cortante dentro de la separación
$\sqrt{f'_c}$	Raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del hormigón
$\sqrt{f'_{c,lim}}$	Límite de la raíz cuadrada del límite de hormigón
b_w	La anchura más pequeña entre cordones de tracción y compresión
s	Separación de cercos
f_{yt}	Límite elástico específico de la armadura transversal
$f_{yt,limit,cortante}$	Límite elástico específico a cortante
λ_s	Factor used to modify shear strength
d	Cálculo útil usado en comprobaciones a cortante
ρ_w	Cuantía de la armadura de tracción
A_s	Área total de la armadura de tracción longitudinal
$d_{V_{Ed}}$	Canto útil en dirección de V_{Ed}
$V_{c(c)}$	Resistencia a cortante nominal que proporciona el hormigón
λ	El factor de modificación refleja las propiedades mecánicas reducidas del hormigón de peso ligero con relación al hormigón de peso normal de igual resistencia a compresión
f'_c	Resistencia a compresión especificada del hormigón
N_u	Esfuerzo axial factorizado
A_g	Área de la sección de hormigón
V_c	Resistencia a cortante nominal que proporciona el hormigón
A_o	Área encerrada por la trayectoria del flujo de cortante por torsión
A_{oh}	Área encerrada por la línea central de la armadura de torsión cerrada más exterior
$F_{u,sw}$	Esfuerzo de cálculo en cercos a partir de la combinación de cortante y torsión
V_u	Esfuerzo cortante factorizado
$\Phi_{V,T}$	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ para cortante y torsión



2.13	BARRA NÚM. 270 SP1 CO2 7.000 M SD0702	Cálculo de hormigón
α	Ángulo de la armadura de cortante al eje de la barra	
n	Número de ramas de cercos	
T_u	Momento torsor factorizado	
θ	Inclinación de la biela de compresión	
$F_{n,sw}$	Resistencia de cercos para la combinación de cortante y torsión	
A_t	Área de una rama de la armadura del cerco para torsión dentro de la longitud s	



2.14

BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0701

Cálculo de hormigón

Verificación SD0701 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente
Resistencia a torsión. Límites de la sección según 22.7.7

$$A_o = 0.85 \cdot A_{oh}$$
$$= 0.85 \cdot 4688.64 \text{ cm}^2$$
$$= 3985.34 \text{ cm}^2$$

$$f_{c,T,V,máx.} = \sqrt{\left(\frac{V_u}{d_{V_{Ed}} \cdot b_w}\right)^2 + \left(T_u \cdot \frac{p_h}{1.7 \cdot (A_{oh})^2}\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{67.09 \text{ kN}}{740.1 \text{ mm} \cdot 577.0 \text{ mm}}\right)^2 + \left(94.48 \text{ kNm} \cdot \frac{2768.0 \text{ mm}}{1.7 \cdot (4688.64 \text{ cm}^2)^2}\right)^2}$$
$$= 0.717 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,T,V,lim} = \Phi_{V,T} \cdot \left(\frac{V_c}{d_{V_{Ed}} \cdot b_w} + 8 \cdot \sqrt{f'_c}\right)$$
$$= 0.750 \cdot \left(\frac{269.31 \text{ kN}}{740.1 \text{ mm} \cdot 577.0 \text{ mm}} + 8 \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2\right)$$
$$= 3.073 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = \frac{f_{c,T,V,máx.}}{f_{c,T,V,lim}}$$
$$= \frac{0.717 \text{ N/mm}^2}{3.073 \text{ N/mm}^2}$$
$$= 0.233$$

$$\eta = 0.233 \leq 1$$

22.7.6.1.1, ec. (22.7.6.1)

22.7.7.1, ec. (22.7.7.1) a) b)

22.7.7.1, ec. (22.7.7.1) a) b)

22.7.7.1, ec. (22.7.7.1) a) b)

- A_o

Área encerrada por la trayectoria del flujo de cortante por torsión
- A_{oh}

Área encerrada por la línea central de la armadura de torsión cerrada más exterior
- $f_{c,T,V,máx.}$

Tensión máxima del hormigón a torsión y cortante
- V_u

Esfuerzo cortante factorizado
- $d_{V_{Ed}}$

Canto útil en dirección de V_{Ed}
- b_w

La anchura más pequeña entre cordones de tracción y compresión
- T_u

Momento torsor factorizado
- p_h

Perímetro de la línea central de la armadura de torsión transversal cerrada más exterior
- $f_{c,T,V,lim}$

Límite de tensión del hormigón a torsión y cortante
- $\Phi_{V,T}$

Coefficiente de reducción de la resistencia Φ para cortante y torsión
- V_c

Resistencia a cortante nominal que proporciona el hormigón
- $\sqrt{f'_c}$

Raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del hormigón

2.15 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0700

Cálculo de hormigón

Verificación SD0700 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente
Resistencia a torsión. Uso de la capacidad torsional de cálculo solo con momento torsor según 22.7

$$\begin{aligned} A_o &= 0.85 \cdot A_{oh} \\ &= 0.85 \cdot 4688.64 \text{ cm}^2 \\ &= 3985.34 \text{ cm}^2 \\ T_n &= \min \left(2 \cdot A_o \cdot \frac{A_t}{s} \cdot \frac{\min(f_{yt}, f_{yt,lim,T})}{\tan(\theta)}, 2 \cdot A_o \cdot A_l \cdot \frac{\min(f_y, f_{yt,lim,T})}{P_h} \cdot \tan(\theta) \right) \\ &= \min \left(2 \cdot 3985.34 \text{ cm}^2 \cdot \frac{0.50 \text{ cm}^2}{200.0 \text{ mm}} \cdot \frac{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)}{\tan(45.00 \text{ deg})}, 2 \cdot 3985.34 \text{ cm}^2 \cdot 113.10 \text{ cm}^2 \cdot \frac{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)}{2768.0 \text{ mm}} \cdot \tan(45.00 \text{ deg}) \right) \\ &= 82.87 \text{ kNm} \\ T_{th} &= \lambda \cdot 1 \cdot \min(\sqrt{f'_c}, \sqrt{f'_{c,lim}}) \cdot \frac{(A_{cp})^2}{P_{cp}} \cdot \sqrt{\max \left(0, 1 + \frac{N_u}{4 \cdot \lambda \cdot \min(\sqrt{f'_c}, \sqrt{f'_{c,lim}})} \right)} \\ &= 1.000 \cdot 1 \cdot \min(5.252 \text{ N/mm}^2, 8.307 \text{ N/mm}^2) \cdot \frac{(6300.00 \text{ cm}^2)^2}{3200.0 \text{ mm}} \cdot \sqrt{\max \left(0, 1 + \frac{-1.019 \text{ kN}}{4 \cdot 1.000 \cdot \min(5.252 \text{ N/mm}^2, 8.307 \text{ N/mm}^2)} \right)} \\ &= 54.07 \text{ kNm} \\ \eta &= \min \left(\left| \frac{T_u}{\Phi_{V,T} \cdot T_{th}} \right|, \left| \frac{T_u}{\Phi_{V,T} \cdot T_n} \right| \right) \\ &= \min \left(\left| \frac{94.48 \text{ kNm}}{0.750 \cdot 54.07 \text{ kNm}} \right|, \left| \frac{94.48 \text{ kNm}}{0.750 \cdot 82.87 \text{ kNm}} \right| \right) \\ &= 1.520 \\ \eta &= 1.520 > 1 \end{aligned}$$

A_o	Área encerrada por la trayectoria del flujo de cortante por torsión
A_{oh}	Área encerrada por la línea central de la armadura de torsión cerrada más exterior
T_n	Momento resistente torsor nominal
A_t	Área de una rama de la armadura del cerco para torsión dentro de la longitud s
s	Separación de cercos
f_{yt}	Límite elástico específico de la armadura transversal
$f_{yt,lim,T}$	Límite elástico específico a torsión
θ	Inclinación de la biela de compresión
A_l	Armadura longitudinal de torsión cerrada por un cerco
f_y	Límite elástico específico
P_h	Perímetro de la línea central de la armadura de torsión transversal cerrada más exterior
T_{th}	Momento torsor umbral
λ	El factor de modificación refleja las propiedades mecánicas reducidas del hormigón de peso ligero con relación al hormigón de peso normal de igual resistencia a compresión
$\sqrt{f'_c}$	Raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del hormigón
$\sqrt{f'_{c,lim}}$	Límite de la raíz cuadrada del límite de hormigón
A_{cp}	Área encerrada por el perímetro exterior de la sección de hormigón
P_{cp}	Perímetro exterior de la sección de hormigón
N_u	Esfuerzo axil factorizado
T_u	Momento torsor factorizado
$\Phi_{V,T}$	Coeficiente de reducción de la resistencia Φ para cortante y torsión

2.16 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0500

Cálculo de hormigón

Verificación SD0500 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente
Resistencia a cortante según 22.5 | Para $\eta > 1.0$, se requiere armadura del cerco

$V_u < \lim_{av,min.}$

$$A_{v,mi\ n.} = \max \left(0.75 \cdot \min \left(\sqrt{f'_c}, \sqrt{f'_{c,lim}} \right) \cdot b_w \cdot \frac{s}{\min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante})}, 50 \cdot b_w \cdot \frac{s}{\min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante})} \right)$$
$$= \max \left(0.75 \cdot \min \left(5.252 \text{ N/mm}^2, 8.307 \text{ N/mm}^2 \right) \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)}, 50 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot \frac{200.0 \text{ mm}}{\min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2)} \right)$$
$$= 0.96 \text{ cm}^2$$

$A_v < A_{v,min.}$

$$\lambda_s = \min \left(\sqrt{\frac{2}{1 + 0.1 \cdot d}}, 1 \right)$$
$$= \min \left(\sqrt{\frac{2}{1 + 0.1 \cdot 740.1 \text{ mm}}}, 1 \right)$$
$$= 0.715$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{dV_{Ed} \cdot b_w}$$
$$= \frac{69.12 \text{ cm}^2}{740.1 \text{ mm} \cdot 577.0 \text{ mm}}$$
$$= 1.62 \%$$

$$V_{c(c)} = \min \left(5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot dV_{Ed}, \left(8 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\frac{1}{\rho_w} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{f'_c} + \min \left(0.05 \cdot f'_c, \frac{N_u}{6 \cdot A_g} \right) \right) \cdot b_w \cdot dV_{Ed} \right)$$
$$= \min \left(5 \cdot 1.000 \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 740.1 \text{ mm}, \left(8 \cdot 0.715 \cdot 1.000 \cdot (1.62 \%)^{\frac{1}{3}} \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 + \min \left(0.05 \cdot 27.579 \text{ N/mm}^2, \frac{-1.019 \text{ kN}}{6 \cdot 6300.00 \text{ cm}^2} \right) \right) \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 740.1 \text{ mm} \right)$$
$$= 269.31 \text{ kN}$$

$$V_c = V_{c(c)}$$
$$= 269.31 \text{ kN}$$

$$V_s = A_v \cdot \min(f_{yt}, f_{yt,limit,cortante}) \cdot (\sin(\alpha) + \cos(\alpha)) \cdot \frac{dV_{Ed}}{s}$$
$$= 0.85 \text{ cm}^2 \cdot \min(413.685 \text{ N/mm}^2, 413.685 \text{ N/mm}^2) \cdot (\sin(90.00 \text{ deg}) + \cos(90.00 \text{ deg})) \cdot \frac{740.1 \text{ mm}}{200.0 \text{ mm}}$$
$$= 130.50 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s$$
$$= 269.31 \text{ kN} + 130.50 \text{ kN}$$
$$= 399.81 \text{ kN}$$

$$V_{mi\ x.} = \Phi_{V,T} \cdot (V_c + 8 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot dV_{Ed})$$
$$= 0.750 \cdot (269.31 \text{ kN} + 8 \cdot 5.252 \text{ N/mm}^2 \cdot 577.0 \text{ mm} \cdot 740.1 \text{ mm})$$
$$= 1319.44 \text{ kN}$$

$$\eta = \left| \max \left(\frac{V_u}{\Phi_{V,T} \cdot V_n}, \frac{V_u}{V_{mi\ x.}} \right) \right|$$
$$= \left| \max \left(\frac{67.09 \text{ kN}}{0.750 \cdot 399.81 \text{ kN}}, \frac{67.09 \text{ kN}}{1319.44 \text{ kN}} \right) \right|$$
$$= 0.224$$

$$\eta = 0.224 \leq 1 \checkmark$$

9.6.3.4, 9.6.4.2, ec. (a), (b), tab. 9.6.3.4

22.5.5.1.3, ec. (22.5.5.1.3)

22.5.5.1, tab. 22.5.5.1

22.5.5.1, ec. (c), tab. 22.5.5.1

22.5.5.1, tab. 22.5.5.1

22.5.8.5.4, ec. (22.5.8.5.4)

22.5.1.1, ec. (22.5.1.1)

22.5.1.2, ec. 22.5.1.2

22.5, ec. (22.5.1.1)

$A_{v,min.}$	Área mínima de armadura de cortante dentro de la separación
$\sqrt{f'_c}$	Raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del hormigón
$\sqrt{f'_{c,lim}}$	Límite de la raíz cuadrada del límite de hormigón
b_w	La anchura más pequeña entre cordones de tracción y compresión
s	Separación de cercos
f_{yt}	Límite elástico específico de la armadura transversal
$f_{yt,limit,cortante}$	Límite elástico específico a cortante
λ_s	Factor used to modify shear strength
d	Cálculo útil usado en comprobaciones a cortante
ρ_w	Cuantía de la armadura de tracción
A_s	Área total de la armadura de tracción longitudinal
dV_{Ed}	Canto útil en dirección de V_{Ed}
$V_{c(c)}$	Resistencia a cortante nominal que proporciona el hormigón
λ	El factor de modificación refleja las propiedades mecánicas reducidas del hormigón de peso ligero con relación al hormigón de peso normal de igual resistencia a compresión
f'_c	Resistencia a compresión especificada del hormigón
N_u	Esfuerzo axial factorizado
A_g	Área de la sección de hormigón
V_c	Resistencia a cortante nominal que proporciona el hormigón
V_s	Resistencia a cortante nominal que proporciona la armadura de cortante
A_v	Área de la armadura de cortante dentro de la longitud s
α	Ángulo de la armadura de cortante al eje de la barra
V_n	Esfuerzo cortante nominal
$V_{máx.}$	Capacidad de la biela inclinada de hormigón
$\Phi_{V,T}$	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ para cortante y torsión





2.17 BARRA NÚM. 270 | SP1 | CO2 | 7.000 M | SD0400

Cálculo de hormigón

Verificación SD0400 | ACI 318 | 2019

Comprobación de agotamiento resistente
Resistencia axial o combinación de resistencias a flexión y axial según 22.3 o 22.4

$\epsilon_t = \max(\epsilon_{s,Ed,-z(superior)}, \epsilon_{s,Ed,+z(inferior)})$ $= \max(9.2\text{‰}, -1.7\text{‰})$ $= 9.2\text{‰}$	21.2.2, tab. 21.2.2
$P_{nt,máx.} = f_y \cdot A_{st}$ $= 413.685 \text{ N/mm}^2 \cdot 113.10 \text{ cm}^2$ $= 4678.670 \text{ kN}$	22.4.3.1, ec. (22.4.3.1)
$\epsilon_{t,y} = \frac{f_y}{E_s}$ $= \frac{413.685 \text{ N/mm}^2}{199948.000 \text{ N/mm}^2}$ $= 2.1\text{‰}$	21.2.2, tab. 21.2.2
$\epsilon_t > \epsilon_{t,y} + \epsilon_{t,t}$ $\Phi = \Phi_{tracc}$ $= 0.900$	21.2, tab. 21.2.1
$P_o = 0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + \min(f_y, f_{y,limit}) \cdot A_{st}$ $= 0.85 \cdot 27.579 \text{ N/mm}^2 \cdot (6300.00 \text{ cm}^2 - 113.10 \text{ cm}^2) + \min(413.685 \text{ N/mm}^2, 551.580 \text{ N/mm}^2) \cdot 113.10 \text{ cm}^2$ $= 19182.100 \text{ kN}$	22.4.2.2, ec. (22.4.2.2)
$P_{n,máx.} = 0.8 \cdot P_o$ $= 0.8 \cdot 19182.100 \text{ kN}$ $= 15345.700 \text{ kN}$	22.4.2.1, tab. 22.4.2.1
$P_u < 0.1 \cdot f'_c \cdot A_g$ según 22.3 $P_u < 0.1 \cdot f'_c \cdot A_g$ según 9.5.2.1	
$\eta_{M,N} = \max\left(\frac{M_{y,u}}{\Phi \cdot M_{y,n}}, \frac{M_{z,u}}{\Phi \cdot M_{z,n}}, \frac{ P_u }{\Phi \cdot \min(P_n , P_{nt,máx.})}\right)$ $= \max\left(\frac{-8.58 \text{ kNm}}{0.900 \cdot -237.02 \text{ kNm}}, \frac{47.31 \text{ kNm}}{0.900 \cdot 1306.32 \text{ kNm}}, \frac{ -1.019 \text{ kN} }{0.900 \cdot \min(-28.150 \text{ kN} , 4678.670 \text{ kN})}\right)$ $= 0.04$	
$\eta = 0.040 \leq 1$ ✓	

ϵ_t	Deformación a tracción neta en la capa extrema de la armadura longitudinal de tracción en la resistencia nominal
$\epsilon_{s,Ed,-z(superior)}$	Deformación en la armadura superior
$\epsilon_{s,Ed,+z(inferior)}$	Deformación en la armadura inferior
$P_{nt,máx.}$	Resistencia nominal a tracción axial máxima de la barra
f_y	Límite elástico específico
A_{st}	Armadura existente
$\epsilon_{t,y}$	Deformación a tracción neta utilizada para definir una sección controlada a compresión
E_s	Módulo de elasticidad de la armadura
Φ	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ
Φ_{tracc}	Coefficiente de reducción de la resistencia Φ controlada por tracción
P_o	Resistencia nominal axial para una excentricidad nula
f'_c	Resistencia a compresión especificada del hormigón
A_g	Área de la sección de hormigón
$f_{y,limit}$	Valor de f_y límite
$P_{n,máx.}$	Resistencia nominal a compresión axial máxima de la barra
$\eta_{M,N}$	Razón de tensiones
$M_{y,u}$	Momento factorizado $M_{y,u}$
$M_{y,n}$	Resistencia nominal a flexión $M_{y,n}$ en la sección
$M_{z,u}$	Momento factorizado $M_{z,u}$
$M_{z,n}$	Resistencia nominal a flexión $M_{z,n}$ en la sección
P_u	Esfuerzo axil factorizado



2.17	BARRA NÚM. 270 SP1 CO2 7.000 M SD0400	Cálculo de hormigón
P_n	Resistencia nominal a compresión axial de la barra según 22.4.1.1	