

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**RELACIÓN TÉCNICA GENERAL  
RELACIÓN DE CÁLCULO**

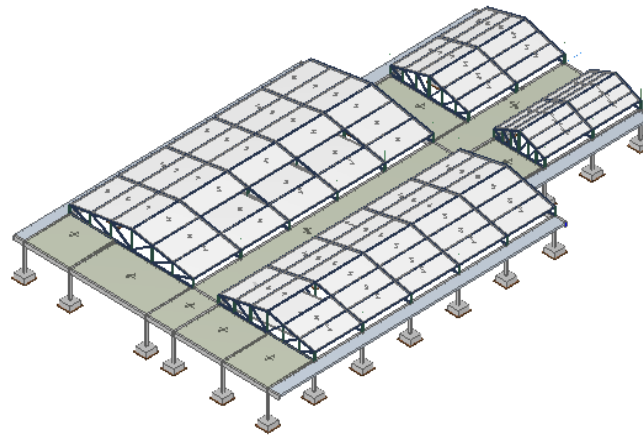
**OBJETO:** Pre- Cálculo Edificio Producción Vegetal

# 1 - DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

Son reconducidas en seguida dos vistas axonométricas contrapuestas, con el objetivo de permitir una mejor comprensión de la estructura objeto de la presente relación:

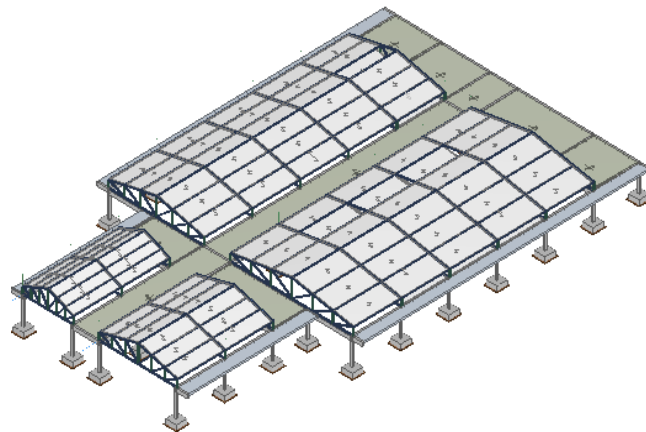
## Vista Anterior

*La dirección de visualización (bisectriz del cono óptico), relativa al sistema de referencia global  $O, X, Y, Z$ , tiene un vector unitario  $(1;1;-1)$*



## Vista Posterior

*La dirección de visualización (bisectriz del cono óptico), relativa al sistema de referencia global  $O, X, Y, Z$ , tiene un vector unitario  $(-1;-1;-1)$*



# 2 - NORMATIVA DE REFERENCIA

Las fases de análisis y comprobación de la estructura han sido conducidas en acuerdo a las siguientes disposiciones normativas, por cuánto aplicables en relación al criterio de cálculo adoptado por el proyectista, evidenciado en el curso de la presente relación, de acuerdo a las Normas CIRSOC.

# 3 - MATERIALES UTILIZADOS Y RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Por la realización de la obra en objeto serán empleados los siguientes materiales:

## MATERIALES HORMIGÓN ARMADO

Características hormigón armado															
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	n	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>C20/25_B450C - (C20/25)</b>															
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	60	P	25,00	-	1,00	1,50	13,83	1,03	3,62	15	002

### LEYENDA:

- N<sub>id</sub>** Número identificativo del material, en la relativa tabla de los materiales.
- γ<sub>k</sub>** Peso específico.
- α<sub>T, i</sub>** Coeficiente de dilatación térmica.
- E** Módulo elástico normal.
- G** Módulo elástico tangencial.
- C<sub>Erid</sub>** Coeficiente de reducción del Módulo elástico normal para Análisis Sísmica [ $E_{sisma} = E \cdot C_{Erid}$ ].
- Stz** Tipo de situación: [F] = Actual (Existente); [P] = Proyectada (Nuevo).
- R<sub>ck</sub>** Resistencia característica cúbica.
- R<sub>cm</sub>** Resistencia media cúbica.
- %R<sub>ck</sub>** Porcentaje de reducción de la R<sub>ck</sub>
- γ<sub>c</sub>** Coeficiente parcial de seguridad del material.
- f<sub>cd</sub>** Resistencia de cálculo a compresión.
- f<sub>ctd</sub>** Resistencia de cálculo a tracción.
- f<sub>cfm</sub>** Resistencia media a tracción para flexión.
- n Ac** Identificativo, en las relativas tablas materiales, del acero utilizado: [-] = parámetro NO significativo para el material.

## MATERIALES ACERO

Características acero															
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]						
<b>Acero B450C - (B450C)</b>															
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	-	450,00	-	326,09	-	1,15	-	-	-	-	-
<b>S235 (EN 10025-2) - (S235(EN 10025-2))</b>															
003	78.500	0,000012	210.000	80.769	P	235,00	360	223,81	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-
						215,00	360	204,76	-						

### LEYENDA:

- N<sub>id</sub>** Número identificativo del material, en la relativa tabla de los materiales.
- γ<sub>k</sub>** Peso específico.
- α<sub>T, i</sub>** Coeficiente de dilatación térmica.
- E** Módulo elástico normal.
- G** Módulo elástico tangencial.
- Stz** Tipo de situación: [F] = Actual (Existente); [P] = Proyectada (Nuevo).
- f<sub>tk,1</sub>** Resistencia característica a Rotura (para perfiles <= 40 mm).
- f<sub>tk,2</sub>** Resistencia característica a Rotura (para perfiles 40 mm < t <= 80 mm).
- f<sub>td</sub>** Resistencia de cálculo a Rotura (Tornillos).
- γ<sub>s</sub>** Coeficiente parcial de seguridad al ELV del material.
- γ<sub>M1</sub>** Coeficiente parcial de seguridad para inestabilidad.
- γ<sub>M2</sub>** Coeficiente de seguridad para secciones tensas debilitadas.
- γ<sub>M3,SLV</sub>** Coeficiente de seguridad a desplazamiento al ELV (Tornillos).
- γ<sub>M3,SLE</sub>** Coeficiente de seguridad a deslizamiento al ELS (Tornillos).
- γ<sub>M7</sub>** Coeficiente de seguridad precargado tornillos a alta resistencia (Tornillos): [-] = parámetro NO significativo para el material.
- f<sub>yk,1</sub>** Resistencia característica a la fluencia (para perfiles con t <= 40 mm).
- f<sub>yk,2</sub>** Resistencia característica a la fluencia (para perfiles con 40 mm < t <= 80 mm).
- f<sub>yd,1</sub>** Resistencia de cálculo (para perfiles con t <= 40 mm).
- f<sub>yd,2</sub>** Resistencia de cálculo (para perfiles con 40 mm < t <= 80 mm).

**NOTAS** [-] = Parámetro no significativo para el material.

Los valores de los parámetros característicos de susodichos materiales también están reconducidos en los **tabulados de cálculo**, en la relativa sección.

Todos los materiales empleados tendrán que ser averiguados en todo caso con oportunas pruebas de laboratorio según las prescripciones de la vigente Normativa.

Los diagramas constitutivos del hormigón han sido adoptados en conformidad con las indicaciones indicadas en la Norma CIRSOC; en particular por las comprobaciones efectuadas a combinación de compresión y flexión recta y a combinación de compresión y flexión desviada es adoptado el modelo indicado en fig. (3.3).

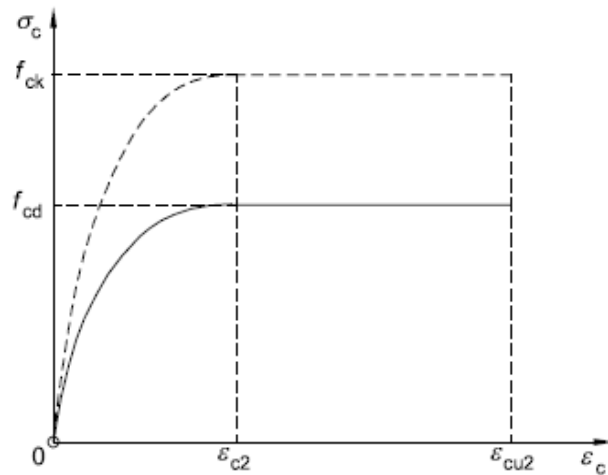


Figura 3.3 : Diagramas de cálculo tensión/deformación del hormigón.

Los valores de deformación asumidos son:

$$\varepsilon_{c2} = 0.0020;$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0.0035.$$

Los diagramas constitutivos del acero fueron adoptados en conformidad con las indicaciones reportadas en las Normas CIRSOC. En particular es adoptado el modelo elástico perfectamente plástico, sin endurecimiento por deformación, indicado en fig. 3.8 con **B**.

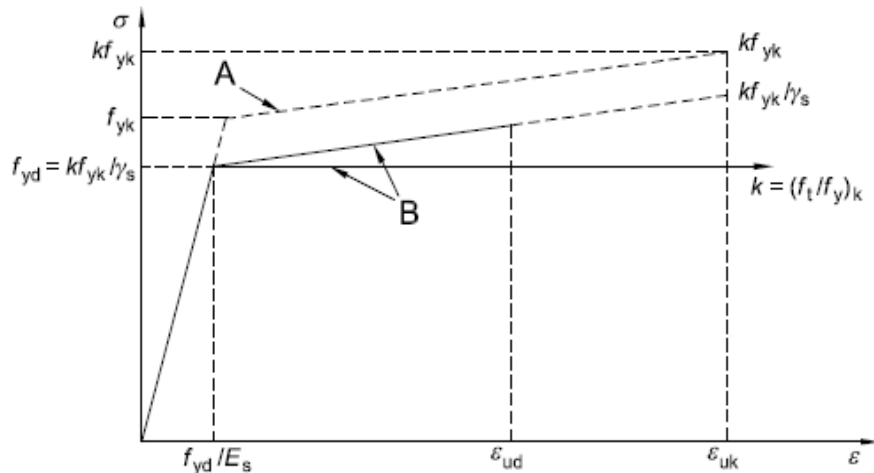


Figura 3.8: Diagramas de cálculo tensión/deformación para aceros de armaduras ordinarias.

Se asume entonces:

$$k = 1;$$

$$\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk} = \infty.$$

La resistencia de cálculo es dada por  $f_{yk}/\gamma_s$ . El coeficiente de seguridad  $\gamma_s$  se asume igual a 1.15.

## 4 - TERRENO DE CIMENTACIÓN

Las investigaciones efectuadas, dirigidas a la valoración de la velocidad de las ondas de corte ( $V_{s30}$ ) y/o del número de golpes del Standard Penetration Test (NSPT), permiten clasificar el perfil estratigráfico, al fin de determinar la acción sísmica, de categoría **B [Depósito de arena muy densa, grava, o arcilla muy rígida, de al menos algunas decenas de metros de espesor, caracterizados por un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.]**.

Todos los parámetros que caracterizan los terrenos de fundación son reportados en los tablas de resumen de cálculo, en la relativa sección. Para ulteriores detalles se pospone a las relaciones geológicas y a geotecnia.

## 5 - ANÁLISIS DE CARGAS

Una esmerada valoración de las cargas es un requisito imprescindible para un correcto planeamiento, en particular para las construcciones realizadas en zona sísmica.

Esa, en efecto, es fundamental para determinar las fuerzas sísmicas, en cuánto incide en la valoración de las masas y de los periodos propios de la estructura de los que dependen los valores de las aceleraciones (ordenadas de los espectros del proyecto).

La evaluación de las cargas y de las sobre cargas fue efectuada en acuerdo con las disposiciones de las Normas CIRSOC. La evaluación de las cargas permanentes es efectuada sobre las dimensiones definitivas.

Los análisis efectuadas, acompañada de detalladas descripciones, son reportadas en los tabulados de cálculo en la relativa sección.

## 6 - ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA

Los cálculos y comprobaciones están hechos con el método semiprobabilístico de los Estados Límites.

Las cargas que actúan sobre los forjados, que derivan del análisis de las cargas, son repartidas por el programa de cálculo en modo automático sobre los miembros (vigas, pilares, muros, losas, losas de cimentación, etc).

Las cargas debidas a los muros de cerramiento, sea sobre las vigas de cimentación que sobre aquellas de la planta, son esquematizadas como cargas lineales actuantes exclusivamente sobre las barras.

Sobre todos los elementos estructurales es posible aplicar directamente ulteriores acciones concentradas y/o distribuidas (variables con leyes lineales y agentes a lo largo de toda la barra o sobre tramos limitados de ella).

Las acciones introducidas directamente están combinadas con las otras (cargas permanentes, accidentales y sismo) mediante las combinaciones de carga que se describe a continuación; de ellas se obtienen los valores probabilísticos a utilizar sucesivamente en las comprobaciones.

### 6.1 Estado Límite Último

Las acciones sobre la construcción fueron acumuladas en modo de determinar condiciones de carga tales de resultar más desfavorables a los fines los controles individuales, teniendo cuenta de la probabilidad reducida de intervención simultanea de todas las acciones con los respectivos valores más desfavorables, come es permitido de las normas vigentes.

Para los estados límites últimos fueron adoptadas las combinaciones del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (1)$$

donde:

$G_1$  representa el peso propio de todos los elementos estructurales; peso propio del terreno, cuando sea pertinente; fuerzas inducidas del terreno (excluyendo los efectos de cargas variables aplicado al terreno); fuerzas resultantes de la presión del agua (cuando se configuran constantes en el tiempo);

$G_2$  representa el peso propio de todos los elementos no estructurales;

$P$  representa la acción de pretensión y/o combinación de compresión y flexión;

$Q$  acciones sobre la estructura o sobre el elemento estructural con valores instantáneos que pueden resultar sensiblemente distintos entre ellos en el tiempo:

- de larga duración: actúan con una intensidad significativa, aunque no de forma continua, durante un período no despreciable en comparación con la vida nominal de la Estructura;
- de breve duración: acciones que actúan por un periodo de tiempo breve respecto a la vida nominal de la estructura;

$Q_{ki}$  representa el valor característico de la  $i$ -ésima acción variable;

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$  coeficientes parciales como definidos en las Normas CIRSOC.

$\psi_{0i}$  son los coeficientes de combinación para tener en cuenta la reducida posibilidad de concomitancia de las acciones variables con los respectivos valores característicos.

Las 4 combinaciones resultantes fueron construidas a partir de las solicitaciones características calculadas por cada condición de carga elemental: cada condición de carga accidental, a rotación, fue considerada solicitación de base ( $Q_{k1}$  en la fórmula precedente).

Los coeficientes relativos a tales combinaciones de carga son reportadas en las alegadas tablas de resumen de cálculo. Se han proyectado entonces las armaduras de cada elemento estructural por cada uno de los valores obtenidos según las modalidades anteriormente ilustradas. En la sección relativa a las comprobaciones de las "Tablas de cálculo" en alegado son reportados, los valores de las solicitaciones relativos a la combinación donde la combinación corresponde al valor mínimo del coeficiente de seguridad.

## 6.2 Estados Límite de Ejercicio

Al Estado Límite de Ejercicio los esfuerzos con que han estado semiproyectadas las astas en h.a. han sido sacadas aplicando las fórmulas indicadas al p. 6.5.3 EN1990:2006 (EC0). Por las verificaciones a los estados límite de ejercicio, según el caso, se hace referencia a las siguientes combinaciones de carga:

<b>combinación rara</b>	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<b>combinación frecuente</b>	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$
<b>combinación casi permanente</b>	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

donde:

$G_{kj}$  valor característico de la  $j$ -ésima acción permanente;

$P_{kh}$  valor característico de la  $h$ -ésima deformación impresa;

$Q_{kl}$  valor característico de la acción variable de base de cada combinación;

$Q_{ki}$  valor característico de la  $i$ -ésima acción variable;

$\psi_{0i}$  Coeficiente apto a definir los valores de las acciones admisibles de breve duración pero todavía significativas con respeto a la posible concomitancia con otras acciones variables;

$\psi_{1i}$  Coeficiente apto a definir los valores de las acciones admisibles a los percentiles del orden 0,95 de las distribuciones de los valores instantáneos;

$\psi_{2i}$  Coeficiente apto a definir los valores casi permanentes de las acciones admisibles a los valores medios de las distribuciones de los valores instantáneos.

En manera análoga a lo que hemos visto en el caso del ELU las combinaciones resultantes fueron construidas a partir de las solicitaciones características calculadas para cada condición de carga; a turno cada condición de carga accidental fue considerada solicitaciones de base ( $Q_{k1}$  en la fórmula (1), con ello dando origen a tantos valores combinados. Para cada una de las combinaciones obtenidas, en función del elemento (viga, pilar, etc.) fueron efectuadas las verificaciones al ELS (tensiones, deformaciones y fisuras).

En los alegados tablas de resumen de cálculo son reportados los coeficientes relativos a las combinaciones de cálculo generadas relativamente a las combinaciones de acciones "Casi Permanente" (1), "Frecuente" (1) y "Rara" (1).

En las secciones relativas a las verificaciones al ELS de las citadas tablas de resultados, además, son reportados los valores de las solicitaciones relativos a las combinaciones que han originado los resultados más gravosos.

## 7 - CÓDIGO DE CÁLCULO EMPLEADO

### 7.1 Denominación

Nombre del Software	<b>EdiLus</b>
Versión	30.00Sf
Características del Software	Software para el cálculo de estructuras a elementos finitos para Windows
Producción y Distribución	<b>ACCA software S.p.A.</b>

### 7.2 Síntesis de las funciones generales

La aplicación permite de modelar las estructuras, de efectuar el dimensionamiento y las comprobaciones de todos los elementos estructurales y de generar los planos ejecutivos.

Es un procedimiento integrado dotado de todas las funcionalidades necesarias para consentir el cálculo completo de una estructura modelada con el método de los elementos finitos (MEF); la modelación de la estructura está realizada a través de elementos Beam (vigas y pilares) y Shell (Losas de cimentación, Muros, Losas).

El input de la estructura está realizado a través de objetos (vigas, pilares, forjados, paredes, etc.) en un ambiente gráfico integrado; el modelo de cálculo a los elementos finitos, que puede ser visualizado en cualquier momento en una ventana propia, viene generado dinámicamente por el software.

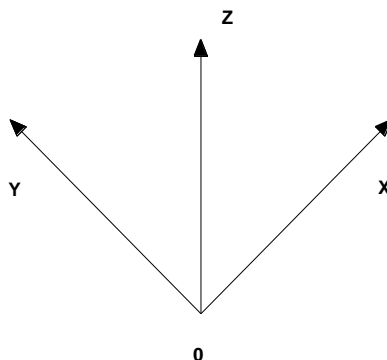
Adecuadas funciones permiten la creación y el mantenimiento de archivos de Secciones, Materiales y Cargas; tales archivos son generales, en el sentido que son creados una tantum y están listos para cada cálculo, pudiéndolos igualmente integrar/modificar en cada momento.

Todos los resultados del cálculo son fornidos, además que en formato numérico, también en formato gráfico permitiendo así de evidenciar eventuales incongruencias.

El programa permite la impresión de todos los datos de input, de los datos del modelo estructural utilizado, de los resultados del cálculo y de las verificaciones de los diagramas de las solicitaciones y de las deformaciones.

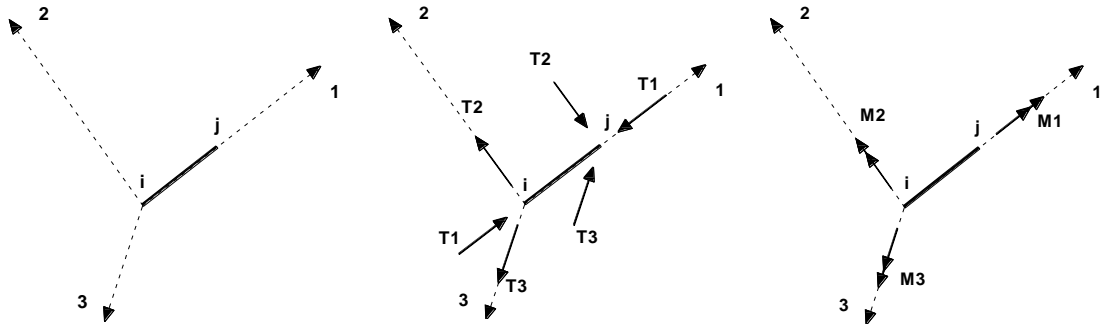
### 7.3 Sistemas de Referencias

#### 7.3.1 Referencia global



El sistema de referencia global, respecto al cual va referida la estructura interna, es constituido de una terna de ejes cartesianos OXYZ (X,Y, y Z son dispuestos y orientados respectivamente según el pulgar, el índice y el medio de la mano derecha, una vez posicionados estos últimos a 90° entre ellos).

### 7.3.2 Referencia local para vigas



El elemento Viga es un clásico elemento estructural en grado de recibir Cargas distribuidas y Cargas Nodales aplicadas a los dos nudos de extremidad; por efecto de tales cargas nacen, en los extremos, solicitaciones de corte, esfuerzo normal, momentos flexionante y torsionante.

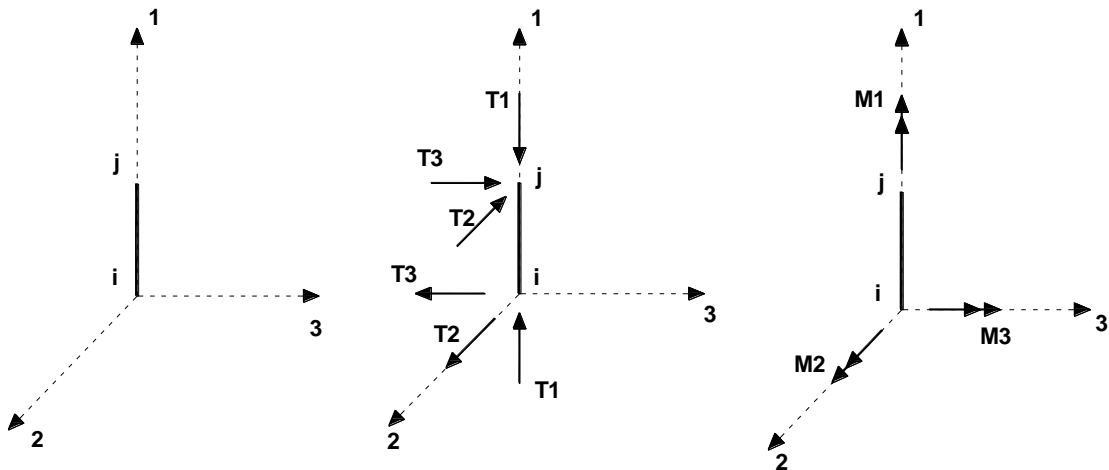
Definidos  $i$  y  $j$  los nudos iniciales y finales de la Viga, viene individuado un sistema de ejes cartesianos 1-2-3 local al elemento, con origen en el Nudo y así compuesto:

- Eje 1 orientado del nudo  $i$  al nudo  $j$ ;
- Ejes 2 y 3 pertenecientes a la sección del elemento y coincidente con los ejes principales de inercia de la sección misma.

Las solicitaciones vendrán fornidas en referencia a tal sistema de referencia:

- Solicitaciones de Tracción o Compresión  $T1$  (actuante en la dirección  $i$ - $j$ );
- Solicitaciones cortantes  $T2$  y  $T3$ , actuantes en los dos planos 1-2 y 1-3, respectivamente según el eje 2 y el eje 3;
- Solicitaciones que inducen flexiones en los planos 1-3 y 1-2 ( $M2$  y  $M3$ );
- Solicitaciones torsionantes  $M1$ .

### 7.3.3 Referencia local para pilares



Definidos  $i$  y  $j$  como los dos nudos iniciales y finales de la columna, viene individuado un sistema de ejes cartesianos 1-2-3 local al elemento, con origine en el Nudo y así compuesto:

- eje 1 orientado del nudo  $i$  al nudo  $j$ ;
- eje 2 perpendicular al eje 1, paralelo y discordante al eje global Y;
- eje 3 que completa la terna dextrorsa, paralela y concorde al eje global X.

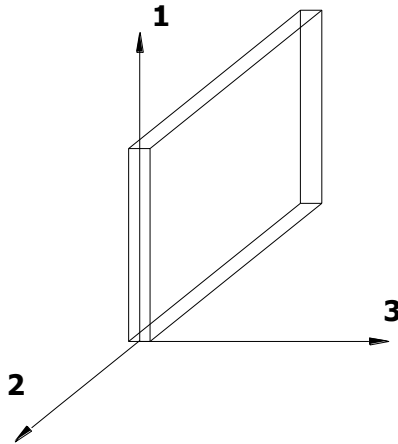
Tal sistema de referencia es válido para pilares con ángulo de rotación igual a '0' grados; una rotación del pilar en el plano XY tiene el efecto de rotar también tal sistema (por ej.: una rotación de '90' grados llevaría al eje 2 a ser paralelo y concordante al eje X, mientras el eje 3 sería paralelo y concorde al eje global Y). La rotación no tiene algún efecto sobre el eje 1 que coincidirá siempre con el eje global Z.

Por las solicitaciones se tiene:



- una fuerza de tracción o compresión  $T_1$ , actuante a lo largo del eje local 1;
- dos fuerzas cortantes  $T_2$  y  $T_3$  actuantes a lo largo los dos ejes locales 2 y 3;
- dos vectores momento (flexión)  $M_2$  y  $M_3$  actuantes a lo largo los dos ejes locales 2 y 3;
- un vector momento (torsión)  $M_1$  actuante a lo largo el eje local en el plano 1.

### 7.3.4 Referencia local para las paredes



Una pared está constituida por una secuencia de pilar- muro (pilastras); cada uno de ellos está caracterizado por un sistema de referencia local 1-2-3 así individuado:

- eje 1, coincidente con el eje global Z;
- eje 2, paralelo y discorde a la línea del eje del tramo del pilar- muro de hormigón en planta;
- eje 3, ortogonal al plano del muro , que completa la terna de la mano izquierda.

Sobre cada uno de este pilar- muro el usuario tiene la posibilidad de aplicar una o más cargas uniformemente distribuidas en todo caso orientadas en el espacio; las componentes de tales cargas pueden ser provistas, a discreción del usuario, respecto a la referencia global XYZ o también respecto a la referencia local 123 apenas definida.

Es necesario, precisar mejor las modalidades con las cuales EdiLus restituye los resultados de cálculo.

En el modelo de cálculo a los elementos finitos cada pilar- muro es discretizado en una serie de elementos tipo "Shell" interconectados; el modelador a los elementos finitos integrado en el programa EdiLus, define una referencia local por cada elemento Shell y restituye los valores de las tensiones exclusivamente respecto a tales referencias.

El software EdiLus provee a homogeneizar todos los valores refiriéndolos a la terna 1-2-3. Tal operación permite, en fase de input, de reducir al mínimo los errores debidos a la complejidad de inserción de los datos mismos y al mismo tiempo de restituir al usuario los resultados fácilmente interpretables.

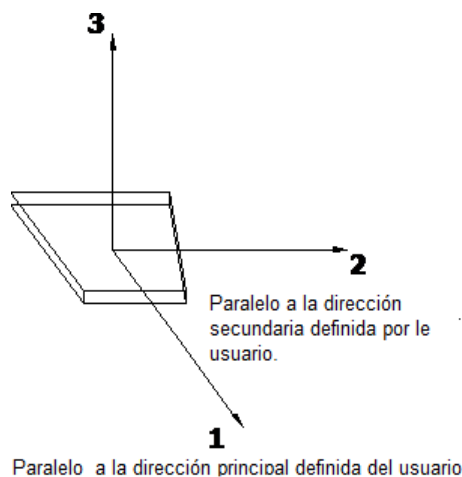
Todos los datos, sea en fase de input que en fase de output, están organizados según un criterio racional cercano al modo de operar del técnico y desvinculado al procedimiento seguido por el elaborador electrónico.

En tal modo por ejemplo, el significado de los valores de las tensiones puede ser comprendido con inmediatez no solo del proyectista que ha operado con el programa sino también de un tercer técnico no implicado en la elaboración; ambos, así, podrán controlar con facilidad del tabulado de cálculo, la congruidad de los valores reportados.

Una última anotación debe ser reservada a la modalidad con la cual el programa entrega las armaduras de los muros de hormigón, con referencia a la cara anterior y posterior.

La cara anterior es aquella de la normal saliente concorde al eje 3 como antes definido o, idénticamente, aquella puesta a la derecha del observador que recorre el borde superior del muro de hormigón concordemente al sentido del trazado.

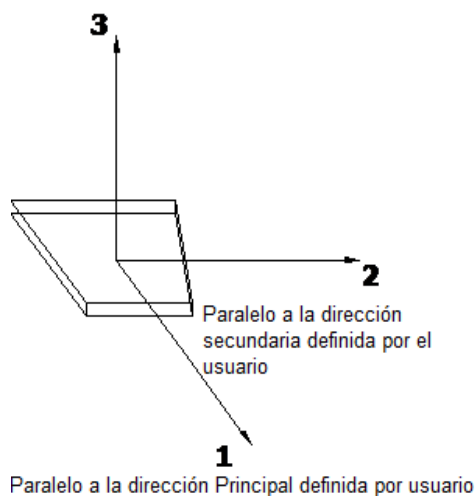
### 7.3.5 Referencia local para losas



En manera análoga a lo que sucede con el pilar-muro de hormigón, cada losa está caracterizada por un sistema de referencia local 1, 2, 3 así definido:

- eje 1, coincide con la dirección principal de la armadura;
- eje 2, coincide con la dirección secundaria de la armadura;
- eje 3, ortogonal al plano del muro de hormigón, que completa la regla de la mano izquierda.

### 7.3.6 Referencia local para losas de cimentación



También para las losas de cimentación, análogamente a lo descrito para las losas genéricas, es definido un sistema de referencia local 1, 2, 3:

- eje 1, coincide con la dirección principal de la armadura;
- eje 2, coincide con la dirección secundaria de la armadura;
- ortogonal al plano del muro, que completa la regla de la mano izquierda.

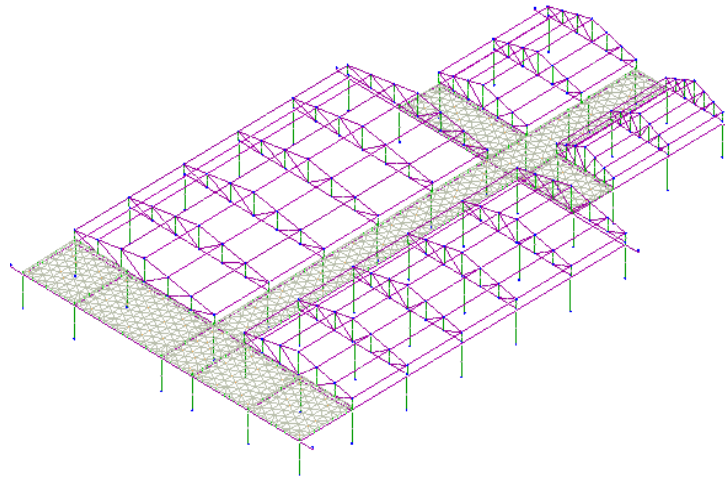
## 7.4 Modelo de Cálculo

El modelo de la estructura viene creado automáticamente del código de cálculo, individuando los varios elementos estructurales y dando sus características geométricas y mecánicas.

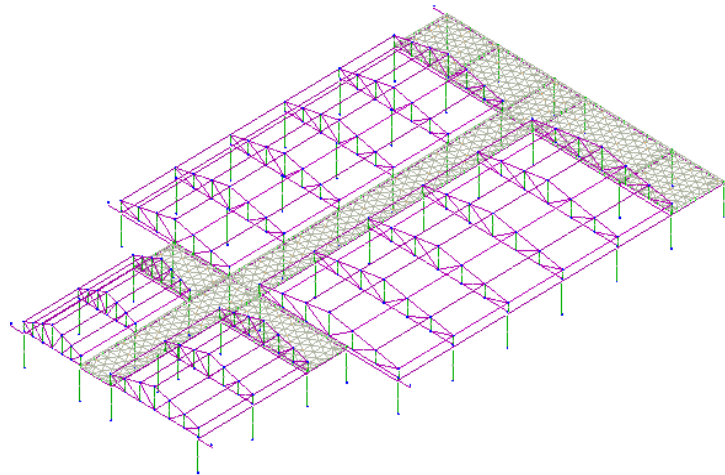
Viene definida una oportuna numeración de los elementos (nudos, barras, shell) que constituyen el modelo, con el fin de individuar velozmente e inequívocamente cada elemento en las tablas de resumen de cálculo.

Seguidamente es dada una representación gráfica detallada de la discretización operada con la evidencian de los nudos y de los elementos.

### Vista Anterior



### Vista Posterior



De las ilustraciones precedentes se deduce como las barra, sean vigas que pilares, están esquematizadas con un tramo flexible central y con dos tramos (brazos) rígidos en las extremidades. Los nudos vienen posicionados sobre el eje vertical de los pilares, en correspondencia del extradós de la viga más alta a la que se unen. A través de bracetos los tramos flexibles son conectados a ello.

En esta manera el nudo resulta perfectamente adherente a la realidad ya que son tomados en cuenta todas las eventuales desconexiones de los elementos con los efectos que se pueden determinar, cuales momentos flexionante/torsionante adicionales.

Las solicitaciones están determinadas, como es correcto, solo por el tramo flexible. Sobre los tramos rígidos, de hecho, siendo (teóricamente) nulas las deformaciones las solicitaciones resultan indeterminadas.

Esta esquematización de los nudos viene automáticamente realizada por el programa también cuando el nodo sea determinado del encuentro de más vigas sin la pilar, o a la unión de vigas /pilares con elementos shell.

## **7.5 Proyecto y Comprobación de los elementos estructurales**

La comprobación de los elementos al ELU se realiza con el siguiente procedimiento:

- se construyen las combinaciones no sísmicas, obteniendo un conjunto de solicitaciones;
- se combinan tales solicitaciones con aquellas debidas a la acción del sismo según lo indicado en el p. 6.4.3.4, relación (6.12b) EN1990:2006 (EC0).
- para solicitaciones simples (flexión recta, corte, etc.) se individúan los valores mínimo y máximo

con los cuales proyectar o verificar el elemento considerado; para solicitaciones compuestas (preso-tenso flexión recta/desviada) vienen efectuadas las verificaciones para todas las posibles combinaciones y solo a continuación se individúa aquella que ha originado el mínimo Coeficiente de seguridad.

### 7.5.1 Comprobación de Resistencia

Por cuanto concierne la comprobación de los elementos en acero, las verificaciones efectuadas por cada elemento dependen de la función del elemento en la estructura. Por ejemplo, elementos con prevalente comportamiento axial (Arriostramiento o pertenecientes a envidados reticulares) son comprobados a tracción y/o compresión; elementos con funciones portantes en comparación de las cargas verticales son comprobados a Combinación de compresión y flexión recta y Cortante; elementos con funciones resistentes en comparación de acciones horizontales son comprobados a Combinación de compresión y flexión desviada y cortante o también a esfuerzo normal si tienen funciones de Arriostramiento.

Las comprobaciones al ELU son efectuadas siempre controlando la satisfacción de la relación:

$$R_d \geq S_d$$

Donde  $R_d$  es la resistencia calculada como relación entre  $R_k$  (resistencia característica del material) y  $\gamma$ , coeficiente de seguridad, mientras  $S_d$  es la solicitación genérica de proyecto calculada considerando todas las Combinaciones de Carga para el Estado Limite Examinado.

La resistencia es determinada, en función de la Clase de pertenencia de la Sección metálica, con el método Elástico o Plástico.

Se tiene en cuenta el debilitamiento causado por la eventual presencia de agujeros.

Las comprobaciones efectuadas son aquellas previstas en las Normas CIRSOC:

- Comprobación de Tracción
- Comprobación de Compresión
- Comprobación de Flexión Monoaxial
- Comprobación de Cortante (considerando la influencia de la Torsión) axial y biaxial.
- Comprobación por contemporánea presencia de Flexión y Cortante
- Comprobación por Combinación de compresión y flexión recta y biaxial

En los tabulados, para cada tipo de comprobación y por cada elemento interesado por la comprobación, son reconducidos los valores de las resistencias y solicitaciones que han dado el mínimo coeficiente de seguridad, calculado generalmente como:

$$C_s = R_d/S_d.$$

Por cuanto concierne el proyecto de los elementos en h.a. ilustramos, en detalle, el procedimiento seguido cuando se está en presencia de combinación de compresión y flexión desviada (pilares y vigas de sección genérica):

- por todas las ternas  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N$ , individuadas según el modo anteriormente ilustrada, se calcula el coeficiente de seguridad en base a la fórmula (5.39), efectuando dos comprobaciones a compresión y flexión recta con la siguiente fórmula:

$$\left( \frac{M_{Ex}}{M_{Rx}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{Ey}}{M_{Ry}} \right)^\alpha \leq 1$$

donde:

$M_{Ex}$ ,  $M_{Ey}$  son los valores de cálculo de las dos miembro de flexión recta de la acción alrededor de los ejes de flexión X y Y del sistema de referencia local;

$M_{Rx}$ ,  $M_{Ry}$  son los valores de cálculo de los momentos resistentes de combinación de compresión y flexión rectas correspondientes al esfuerzo axial  $N_{Ed}$  valorado separadamente alrededor de los ejes de flexión.

El exponente  $\alpha$  puede deducirse en función de la geometría de la sección, del porcentaje mecánico de la armadura y de las solicitaciones de esfuerzo normal actuante.

- si por lo menos por una de estas ternas la relación (5.39) no es respetada, se incrementa la armadura variando el diámetro de las varillas utilizadas y/o el número de las mismas en manera

interactiva hasta cuando dicha relación es respetada para todas las ternas consideradas.

Por cuanto concierne al proyecto de los elementos en h.a. ilustramos en detalle el procedimiento seguido para las vigas comprobadas/semiproyectadas a Combinación de compresión y flexión recta:

- para todas las copias  $M_x$ ,  $N$ , individuadas según la modalidad anteriormente ilustrada, se calcula el coeficiente de seguridad en base a la armadura adoptada;
- si por al menos uno de estos pares esto es inferior al a unidad, se incrementa la armadura variando el diámetro de las varillas utilizadas y/o el número de las mismas en manera interactiva hasta cuando el coeficiente de seguridad resulta mayor o igual a la unidad para todos los pares considerados.

En las tablas de resultado de cálculo, por brevedad, no pudiendo reportar una gran masa de datos, se reporta la terna  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N$ , o el par  $M_x$ ,  $N$  que ha dado lugar al mínimo coeficiente de seguridad.

Una vez semiprojectados las armaduras al ELU, se procede a la comprobación de las secciones al Estado Límite de Ejercicio con las solicitaciones derivadas de las combinaciones raras, frecuentes y casi permanentes; si es necesario, las armaduras son integradas para que las tenciones entran dentro de los máximos valores previstos.

Sucesivamente se procede a la comprobación a deformación, cuanto requiere, y a la fisuración que, como es noto, son para asegurar la durabilidad de la obra en el tiempo.

## 7.5.8 Proyecto y Comprobación de las Uniones

Fueron verificadas las siguientes tipologías de Uniones:

- Empalme
- Empalme acoplado
- Viga-Pilar acoplado
- Viga-Pilar escuadra
- Pilar-Viga acoplado
- Pilar-Viga escuadra
- Pilar-Cimentación
- Barra con elementos en h.a.
- Barra principal-Barra secundaria
- Barra reticular

Por cada conexión fueron recabadas las máximas solicitaciones actuantes sobre los elementos componentes (Tornillos, Tirafondos, Placas, Refuerzos e Cordones de Soldadura) considerando apropiados modelos de cálculo y fueron efectuados las relativas verificaciones. En particular:

- Por los tornillos fueron efectuadas verificaciones Corte y Tracción sea para cada solicitación que para presencia contemporánea de tales solicitaciones.
- Para las placas fueron efectuadas verificaciones a Aplastamiento, a Flexión con la presencia eventual de refuerzos, a Punzonamiento y a las Tensiones en el plano de la placa.
- Para los refuerzos fue efectuada la comprobación controlando la tensión ideal máxima calculada considerando las tensiones paralelas y ortogonales al plano del refuerzo.
- Para los cordones de soldadura fue efectuada la comprobación controlando la tensión ideal máxima calculada considerando las tensiones tangenciales paralelas y ortogonales al largo del cordón y las tensiones normales ortogonales al largo.
- Para los tirafondos fueron efectuadas verificaciones a adherencia por tracción
- Para las placas de atado con las cimentaciones y los elementos en h.a. fue efectuada la comprobación del hormigón de base.

En las tablas de resultados, para cada conexión presente en la estructura, son reportadas las indicaciones geométricas y las relativas verificaciones.

## 9 - TABULADOS DE CÁLCULO

*Por cuanto no expresamente arriba indicado, y en particular modo por lo que concierne los datos numéricos de cálculo, se reenvía al anejo "Tabulados de cálculo" que constituye parte integrante de la presente relación.*