



SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA



SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN BUENAVENTURA –VALLE DEL CAUCA

MEMORIA DE CALCULOS

NOVIEMBRE DE 2024



SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA

----- CONTENIDO -----

I.- GENERALIDADES, OBJETIVO Y DESCRIPCION DE ESTE PROYECTO.

II.- GEOMETRIA, TIPOS DE ELEMENTOS Y ANALISIS ESTRUCTURALES.

III.- ANALISIS ESTRUCTURAL PARA DISEÑO DE ELEMENTOS, MAYORANDO LAS CARGAS SISMICAS Y RESULTADOS FINALES.



CAPITULO I

GENERALIDADES, OBJETIVO Y DESCRIPCIÓN DE ESTE PROYECTO.

CONTENIDO

I.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO

I.2.- USO PROYECTADO

I.3.- INFORMACIÓN GEOMÉTRICA Y ESTRUCTURAL BÁSICA

I.4.- ESCANEEO Y AUSCULTACIONES SUPERFICIALES DE VIGAS, LOSA Y PILOTES AFECTADOS.

I.- GENERALIDADES, OBJETIVO Y DESCRIPCIÓN DE ESTE PROYECTO.

I.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto que corresponde a una estructura tipo Dolphin o Duque de Alba está ubicado en el terminal marítimo de TC-BUEN -en Buenaventura departamento del Valle del Cauca.

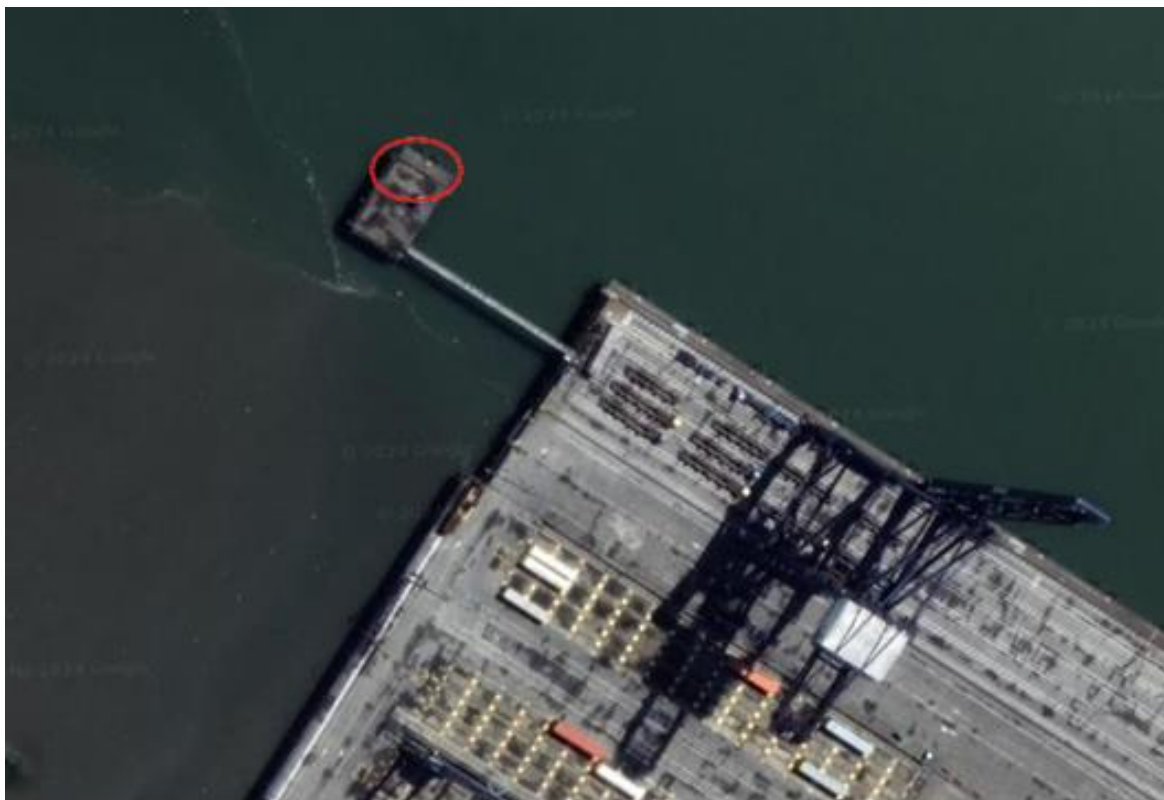


Imagen de patio de contenedores donde se construirá el sistema de contención

I.2.- USO PROYECTADO:

Dicha estructura está construida para ser usada como amarre y atraque provisional de naves tipo buques transportadores de contenedores.

I.3.- INFORMACIÓN GEOMÉTRICA Y ESTRUCTURAL BÁSICA:

En general, la estructura del Dolphin se trata de una plataforma de concreto reforzado, conformada por una losa y vigas en los dos sentidos, que se apoyan sobre pilotes también de concreto reforzado.



I.4.- ESCANEEO Y AUSCULTACIONES SUPERFICIALES DE VIGAS, LOSA Y PILOTES AFECTADOS:

A continuación, se anexa el informe de este trabajo de campo, realizado por la empresa ROMERO & SERNA S.A.S.

Esta revisión más a fondo respecto a la indicada por los señores de Asturias, de la zona de los pilotes afectados en pie en las zonas sobre marea, de las vigas y losa, de manera visual, al tacto y haciendo uso de equipos para determinar la resistencia del concreto y la posición de los aceros de refuerzo. Informe que presentamos a continuación:

A.- REVISIÓN ESTRUCTURAL Y AUSCULTACIÓN:

Se revisaron estructuralmente los elementos involucrados: Pilote afectado en pie, losa, vigas, capitel y sus respectivos empalmes.

Los registros de resistencia se realizaron con el uso de un martillo esclerométrico o durómetro tipo Schmidt bajo la norma que establece los parámetros de los ensayos según las normas INEN 3121 – ASTM C805. (ver más adelante anexo correspondiente a RESISTENCIA CARACTERISTICA DE LOS CONCRETOS EXISTENTES), también se verificaron la posición y el estado de algunos aceros de refuerzo con el escáner.

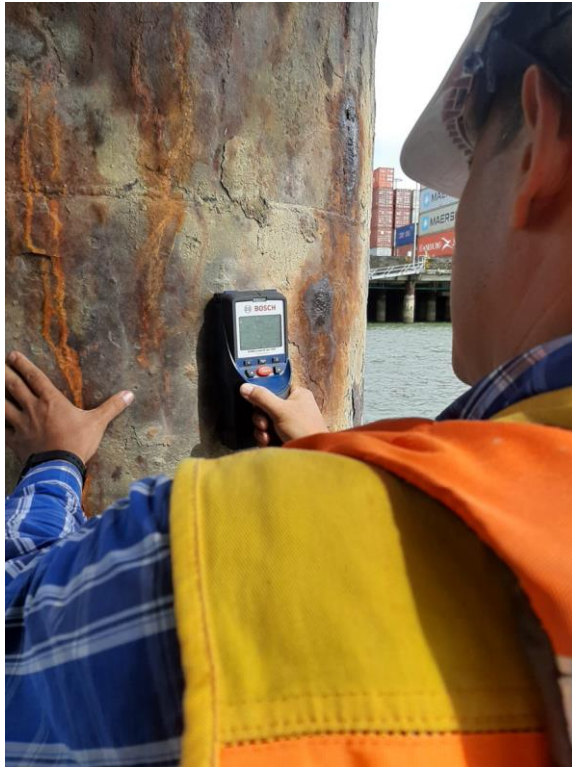


Martillo durómetro Schmidt y scanner detector de acero por ultrasonido



SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA





B.-RESISTENCIA DE LOS CONCRETOS:

Parte de las tareas de campo corresponde a medir la resistencia de los concretos para ello se hizo uso del martillo Schmidt, para los elementos principales que conforman la super estructura en esta zona del Dolphin, como lo son: El pilote, vigas, capitel y losa, donde luego de varios ensayos se determinó que la resistencia característica de los concretos de la estructura es de 2670.07 p.s.i.



C.- ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

Se conjuga el criterio de la ingeniería estructural para determinar y cuantificar el estado estructural de esta zona de Muelle involucrada en la colisión, valor que se asigna tomando la inspección visual, los registros del estado del concreto, el estado del acero, y la evaluación de las patologías presentes, todo con el fin de determinar la magnitud del daño.

Como bien se puede observar en los registros fotográficos y en los resultados de las revisiones estructurales ya indicadas en el presente informe, los elementos con mayor afectación, en el momento de la colisión, son: El pilote vecino al cercenado y la viga que apoyaba el pilote cercenado, los cuales deben ser reparados.

Como lo dijimos anteriormente, aunque hubo desplazamiento horizontal global de esta zona de Muelle, durante la colisión, dada su geometría en planta, se observa que hubo recuperación estructural sin causar daños severos a los demás elementos que componen todo el sistema.

Aunque al pilote más cercano al sitio de la colisión se le observa su cuerpo en buen estado, tanto sobre marea como bajo marea, se detectó afectación interna en su parte superior o cabeza de este en el sitio de conexión a la viga que soporta la losa; Situación que amerita restaurar con el propósito de regresar su conexión a su estado original, ya que es muy importante para su capacidad que debe tener al momento de atender las fuerzas horizontales provenientes constantemente del atraque provisional y amarre de buques, y de paso mejorar el control de sismo-resistencia en este punto.



CAPITULO II

GEOMETRIA, TIPOS DE ELEMENTOS Y ANALISIS ESTRUCTURALES.

CONTENIDO

II.1.- TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SUS MATERIALES

II.2.- DEFINICION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EXISTENTE

II.3.- NORMAS UTILIZADAS:

II.4.- TIPOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURALES REALIZADOS

II.5.- METODO DE ANALISIS USADO



II.- GEOMETRIA, TIPOS DE ELEMENTOS Y ANALISIS ESTRUCTURALES:

II.1.-TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SUS MATERIALES:

Para los análisis de todos los elementos estructurales, se consideró:

II.1.1.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO:

CONCRETO:

Pilotes, vigas y losas: $f'c = 2670$ p.s.i. (18,7 Mpa)

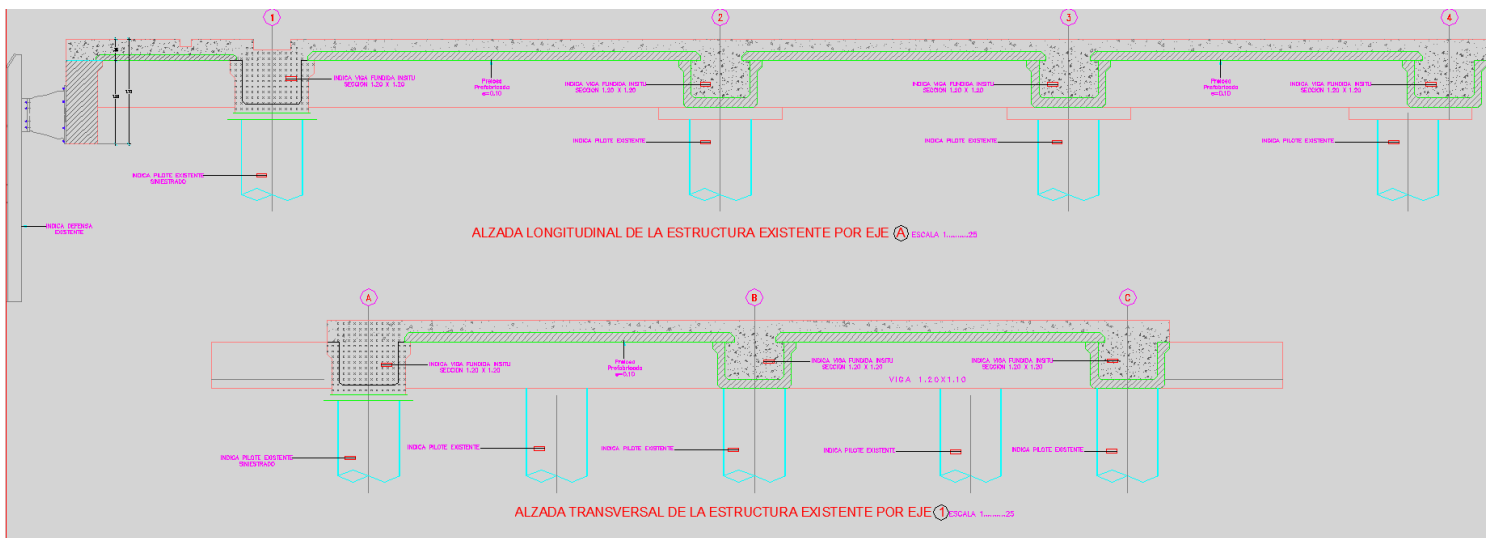
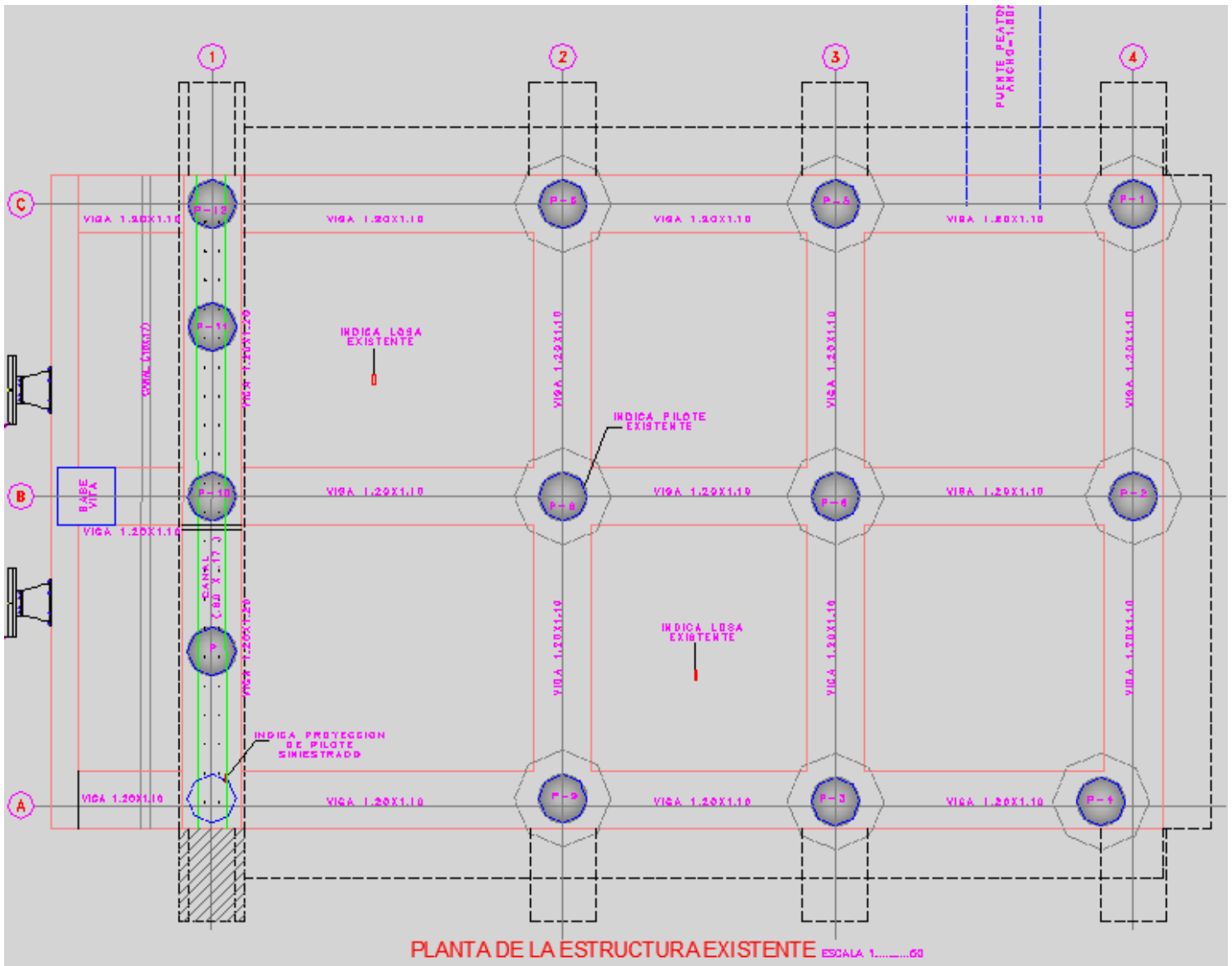
ACERO DE REFUERZO:

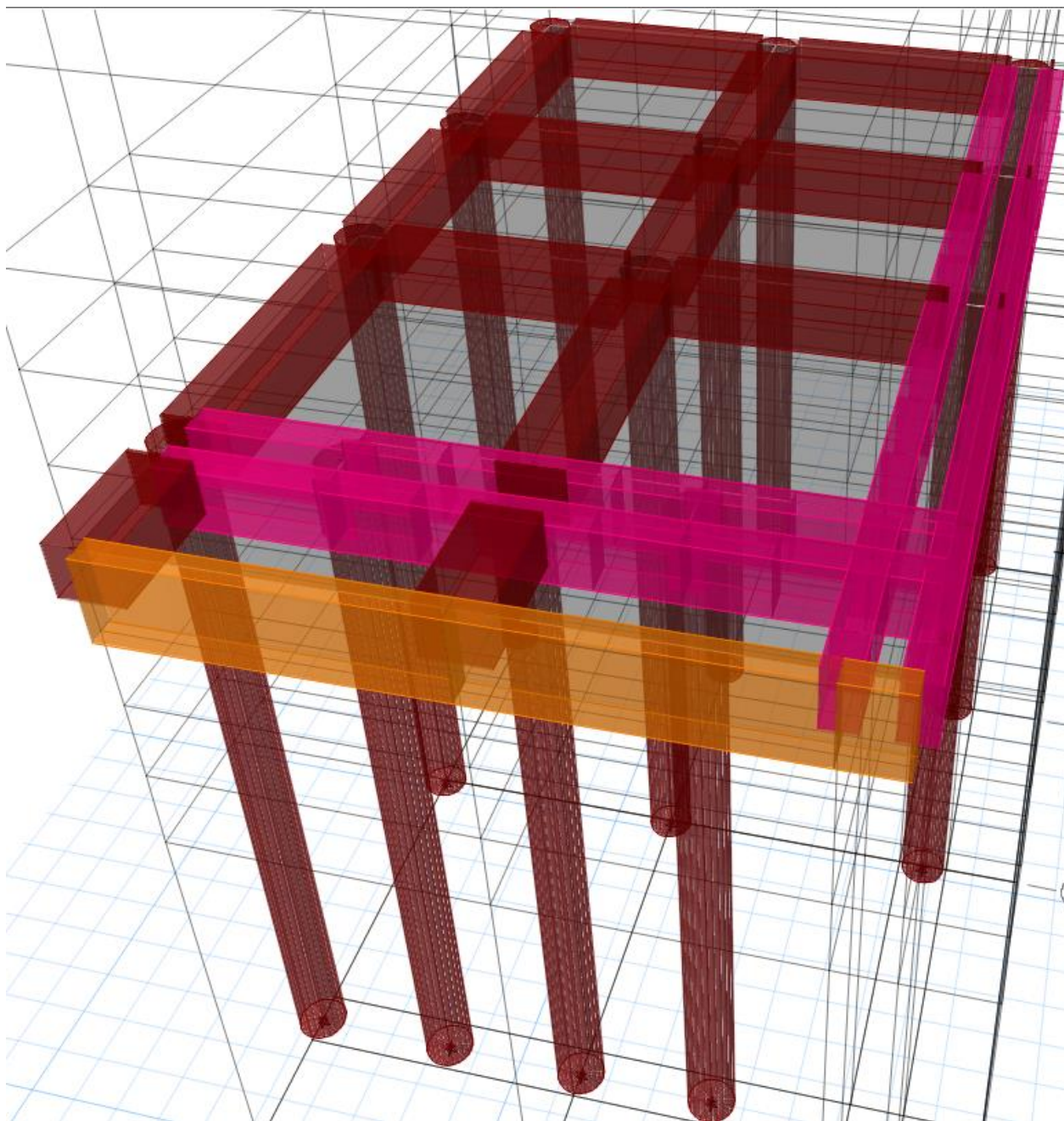
$f_y = 2600$ KG./CM².Para diámetros 1/4 y menores

$f_y = 4200$ KG./CM².Para diámetros 3/8 y mayores

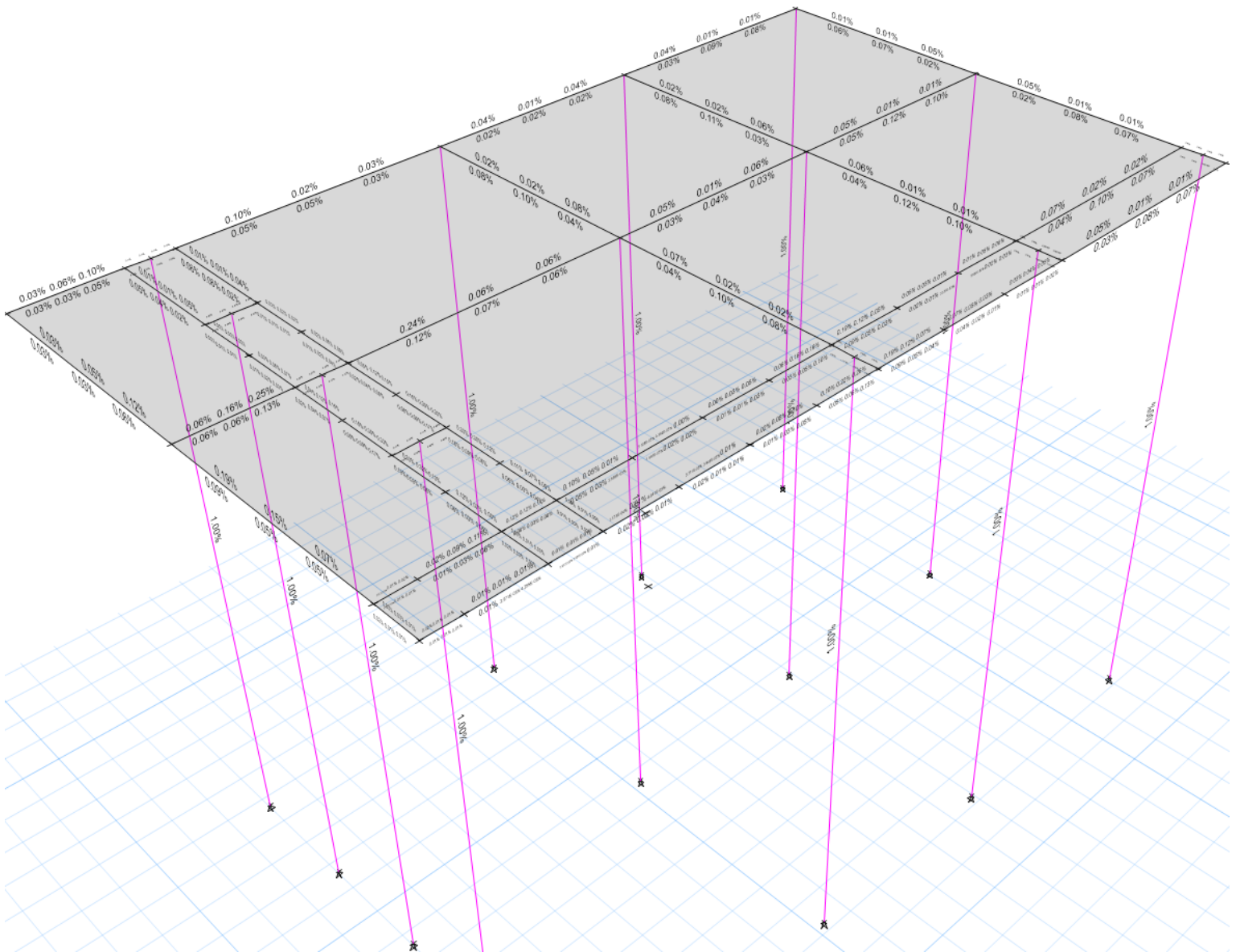
II.2.- DEFINICION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:

A continuación, se indican las características geométricas, los materiales y secciones transversales de los elementos que conforman el sistema estructural existente, la información del espectro de respuesta utilizado, los tipos de cargas y las combinaciones empleadas en el análisis.

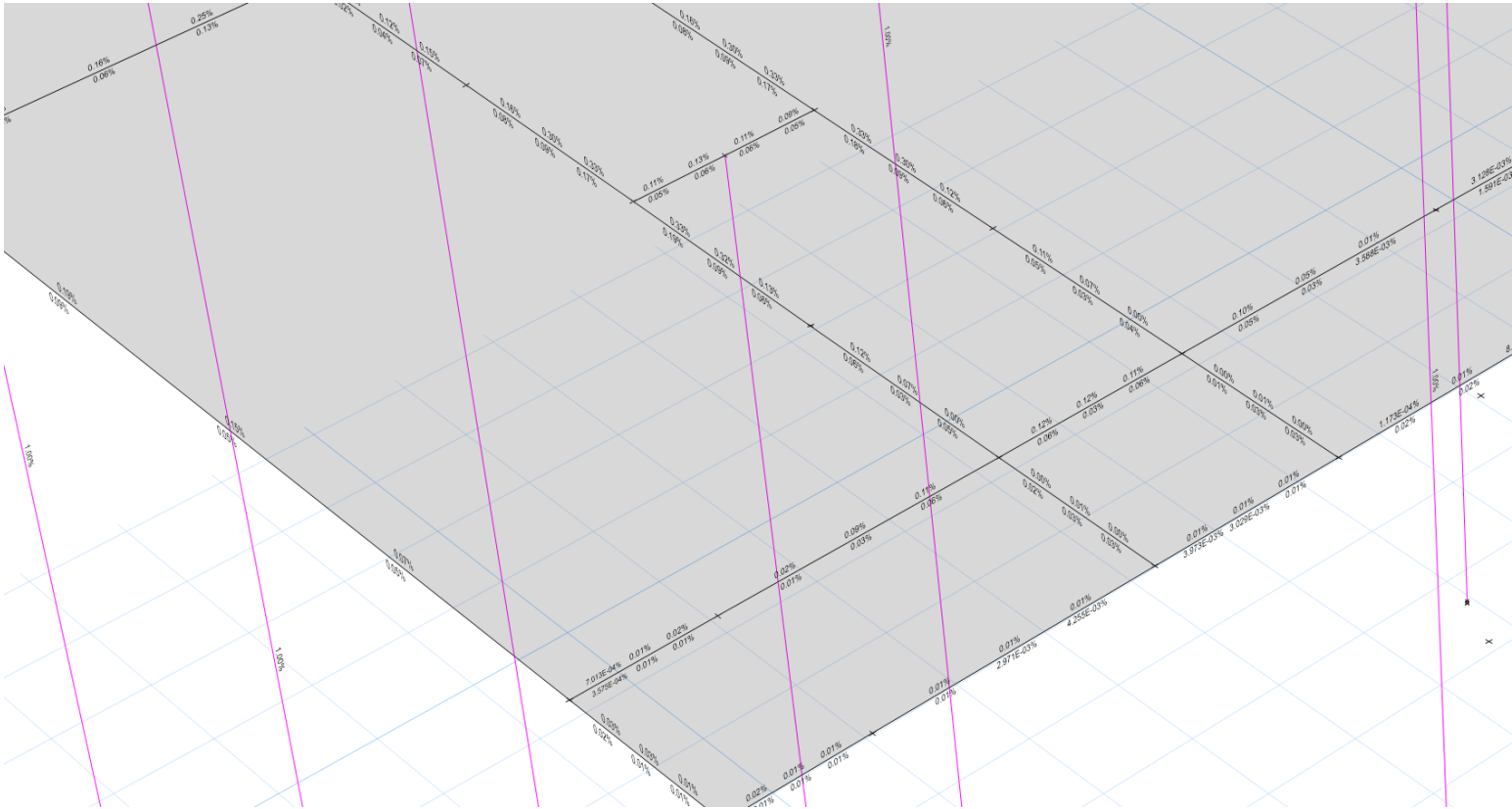




VISTA EN 3D DE LA ESTRUCTURA DEL DOLPHIN CON LA AUSENCIA DEL PILOTE
CERCENADO



VISTA EN 3D DE LA ESTRUCTURA CON LOS PORCENTAJES DE ACERO DE
REFUERZO EN EL ESTADO ACTUAL



DETALLES DE LA VISTA EN 3D DE LA ESTRUCTURA CON LOS PORCENTAJES DE ACERO DE REFUERZO EN EL ESTADO ACTUAL, DONDE SE OBSERVAN LAS VIGAS CRITICAS POR LA AUSENCIA DEL PILOTE CERCENADO.



Table 1.1 - Story Data

Name	Height mm	Elevation mm	Master Story	Similar To	Splice Story
TORRE5	3000	23870	No	None	No
TORRE4	1660	20870	No	None	No
TORRE3	1660	19210	No	None	No
TORRE2	1400	17550	No	None	No
TORRE1	200	16150	No	None	No
LOSA	1660	15950	No	None	No
TORRE-1	1660	14290	No	None	No
TORRE-2	1660	12630	No	None	No
TORRE-3	1660	10970	No	None	No
TORRE-4	9310	9310	No	TORRE-1	No
BASE	0	0	No	None	No

Table 2.1 - Material Properties - Summary

Name	Type	E kgf/mm ²	ν	Unit Weight kgf/m ³	Design Strengths
CONC	Concrete	2531.05	0.2	2402.62	$F_c=1.87 \text{ kgf/mm}^2$
STEEL	Steel	20389.02	0.3	7833.41	$F_y=35.15 \text{ kgf/mm}^2$, $F_u=45.7 \text{ kgf/mm}^2$

Table 2.2 - Frame Sections - Summary

Name	Material	Shape
DPTE100X100X3	STEEL	SD Section
PIL1000	CONC	Concrete Circle
PTE100X100X3	STEEL	Steel Tube
PTE60X60X2	STEEL	Steel Tube
V1200X1100	CONC	Concrete Rectangular
V1200X600	CONC	Concrete Rectangular
V500X1700	CONC	Concrete Rectangular

Table 2.3 - Shell Sections - Summary

Name	Design Type	Element Type	Material	Total Thickness mm	Deck Material	Deck Depth mm
DECK1	Deck	Membrane	CONC	165.1	STEEL	76.2
LOSA35	Slab	Shell-Thin	CONC	350		



Table 3.1 - Load Patterns

Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Load
DEAD	Dead	1	
LIVE	Live	0	

Table 3.2 - Response Spectrum Function - User

Name	Period sec	Acceleration	Damping %
SPECTERBTURA	0	1.1	5
SPECTERBTURA	0.135	1.1	
SPECTERBTURA	0.649	1.1	
SPECTERBTURA	1.542	0.463	
SPECTERBTURA	1.964	0.364	
SPECTERBTURA	2.385	0.299	
SPECTERBTURA	2.807	0.254	
SPECTERBTURA	3.229	0.221	
SPECTERBTURA	3.651	0.196	
SPECTERBTURA	4.08	0.175	
SPECTERBTURA	5	0.117	
SPECTERBTURA	6.282	0.074	

Table 3.3 - Load Cases - Summary

Name	Type
DEAD	Linear Static
LIVE	Linear Static
SXX	Response Spectrum
SYX	Response Spectrum
WIND	Linear Static

Table 3.4 - Load Combinations

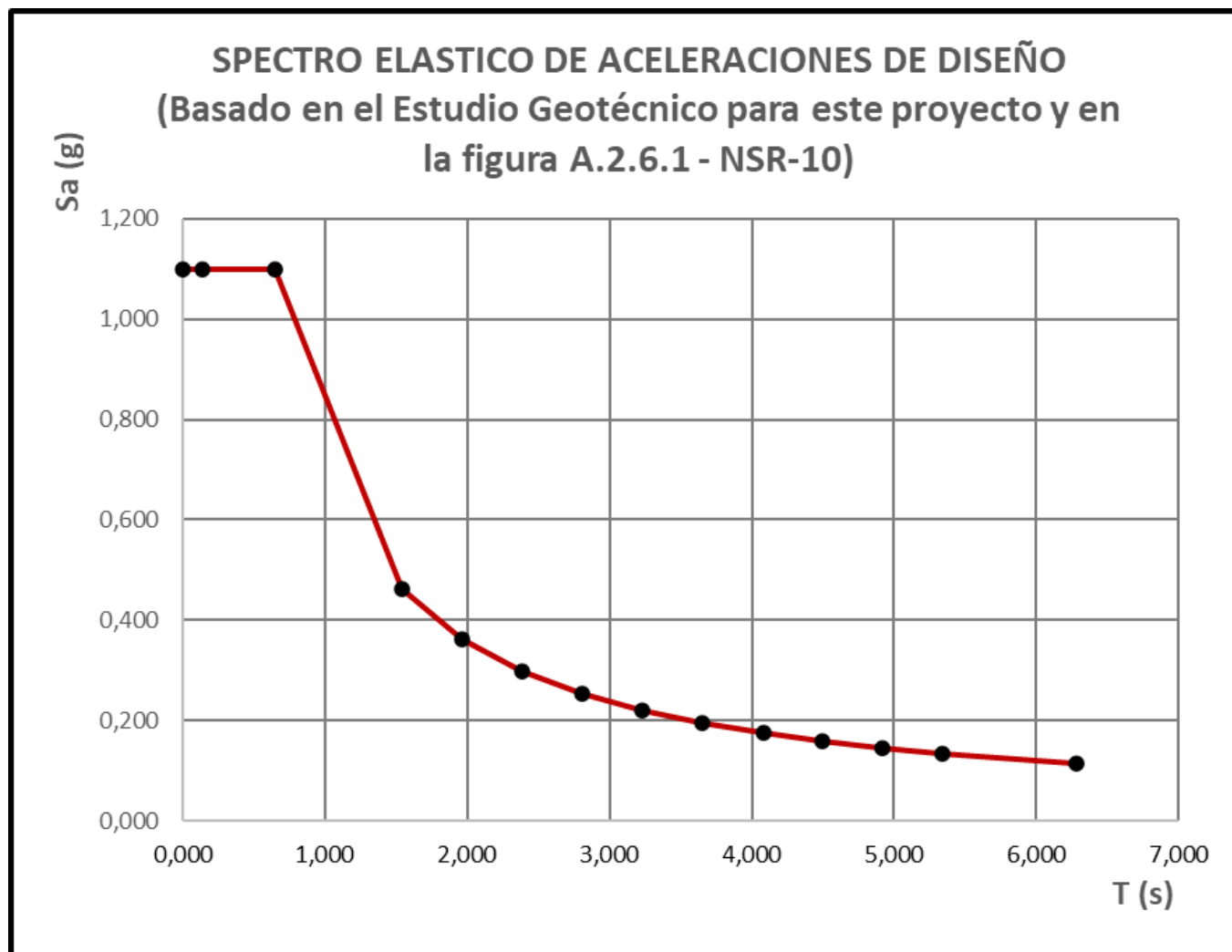
Name	Load Case/Combo	Scale Factor	Type	Auto
COMB1	DEAD	1	Linear Add	No
COMB1	LIVE	1		No
COMB2	DEAD	1.4	Linear Add	No
COMB3	DEAD	1.2	Linear Add	No
COMB3	LIVE	1.6		No

TABLA - Espectro de respuesta para modelo estructural

Aa =	0.40		To =	$0.1 * (Av * Fv) / Aa * Fa$
Av =	0.35		Tc =	$0.48 * (Av * Fv) / Aa * Fa$
			TL =	$2.4 * Fv$
Fa =	1.10			
Fv =	1.70		Sa =	$2.5 * Aa * Fa * I$
			Sa =	$(1.2 * Av * Fv * I) / T$
I =	1.00		Sa =	$(1.2 * Av * Fv * TL * I) / T * T$

SPECTERBTURA - DOLPHIN TCBUEN

ORDEN	PERIODO	ACELERACION
1	0.000	1.100
2	0.135	1.100
3	0.649	1.100
4	1.542	0.463
5	1.964	0.364
6	2.385	0.299
7	2.807	0.254
8	3.229	0.221
9	3.651	0.196
10	4.080	0.175
11	4.494	0.159
12	4.916	0.145
13	5.338	0.134
15	6.282	0.114



II.3.- NORMAS UTILIZADAS:

Para el Cálculo y diseño de todos los elementos estructurales, se usaron las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente, ley 400 de 1997 con su actualización NSR-10 y el CODIGO COLOMBIANO DE DISEÑO SISMICO DE PUENTES.



II.4.- TIPOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURALES REALIZADOS:

- Para el diseño de los diferentes elementos estructurales, se hicieron los avalúos de cargas muertas y vivas de uso, a fin de ejecutar los Análisis Estructurales necesarios, donde se ejecutaron los diferentes estados o situaciones.
- Se hicieron los análisis a flexión, cortante, compresión, tensión y torsión en asocio con los parámetros otorgados por el propietario del proyecto de acuerdo a las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO-RESISTENTE – LEY 400 DE 2010, NSR-10.

II.5.-CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES EN LOS ANALISIS DE ELEMENTOS DE CONCRETO:

II.5.1.-MOMENTOS FLECTORES Y REFUERZOS LONGITUDINALES:

Como se puede observar, para el diseño final se ha tomado los valores más críticos de momentos negativos y positivos para cada sección en especial y que corresponden a la combinación de carga más crítica.

II.5.2.-FUERZAS CORTANTES Y REFUERZOS TRANSVERSALES:

Al igual que para los momentos flectores, se ha tomado para el diseño, los valores más críticos de cortantes para cada sección en especial y que corresponden a la combinación de carga más crítica.



CAPITULO III

SISTEMA PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO PILOTE

CONTENIDO

III.1.- ANTECEDENTES.

III.2.- CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PARA CONSTRUCCION.

III.3.- AVALUO DE CARGAS.

III.4.- RESULTADOS FINALES OBTENIDOS.



III.1.- ANTECEDENTES:

El presente trabajo de ingeniería consiste en la revisión en sitio de la afectación de la estructura principal del Dolphin al ser sometido a esfuerzos fuera de lo normal, como fue la colisión de una motonave sobre un pilote de la esquina norte-este (indicado en la planta de localización del numeral I.1.- de la presente Memoria), a tal punto que lo cercenó y lo volcó al lecho marino.

III.2.- CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PARA CONSTRUCCION:

Con base al acontecimiento expuesto en el numeral anterior, se procedió a revisar en sitio la estructura desde el punto de vista sub-acuático y sobre marea, con los resultados que se indican en el presente informe.

Una vez realizadas estas actividades, se realizó un modelo estructural del muelle, en las condiciones actuales, para así proceder a realizar los estudios tendientes a la construcción de un nuevo pilote en el sitio donde fue abolido por la motonave.

Se adopta un sistema en razón a la logística que implica los procedimientos, costos de construcción, tiempo, interrupciones de operación.

Basicamente el sistema consiste en la construcción de un pilote de concreto reforzado usando una camisa metálica “perdida”. Construcción que se proyecta realizar con la confección de una estructura metálica de soporte desde la plataforma del Dolphin de manera manual con el propósito de eplicar las menores cargas a la estructura.

III.3.- AVALUO DE CARGAS:

III.3.1.- CONSIDERACIONES Y MAGNITUDES DE LAS CARGAS APLICADAS:

Como CARGA MUERTA sólo se consideraron los pesos propios de todos los elementos que componen el Dolphin y como cargas vivas 1000 Kg/m² sobre la losa, las de izado y las de soporte de la camisa metálica total para la construcción del nuevo pilote.



III.3.2.- COMBINACIONES UTILIZADAS:

COMBINACIÓN 1: 1,0 D + 1.0 L

COMBINACIÓN 2: 1,4D

COMBINACIÓN 3: 1,2D + 1,6 L

III.3.3.- PESOS PROPIOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

Tal como lo expresamos anteriormente, los pesos propios de los miembros o elementos que componen la estructura principal están involucrados en las estructuras mismas y consideradas en los ANALISIS ESTRUCTURALES para cada combinación de carga.

III.4.- RESULTADOS FINALES OBTENIDOS:

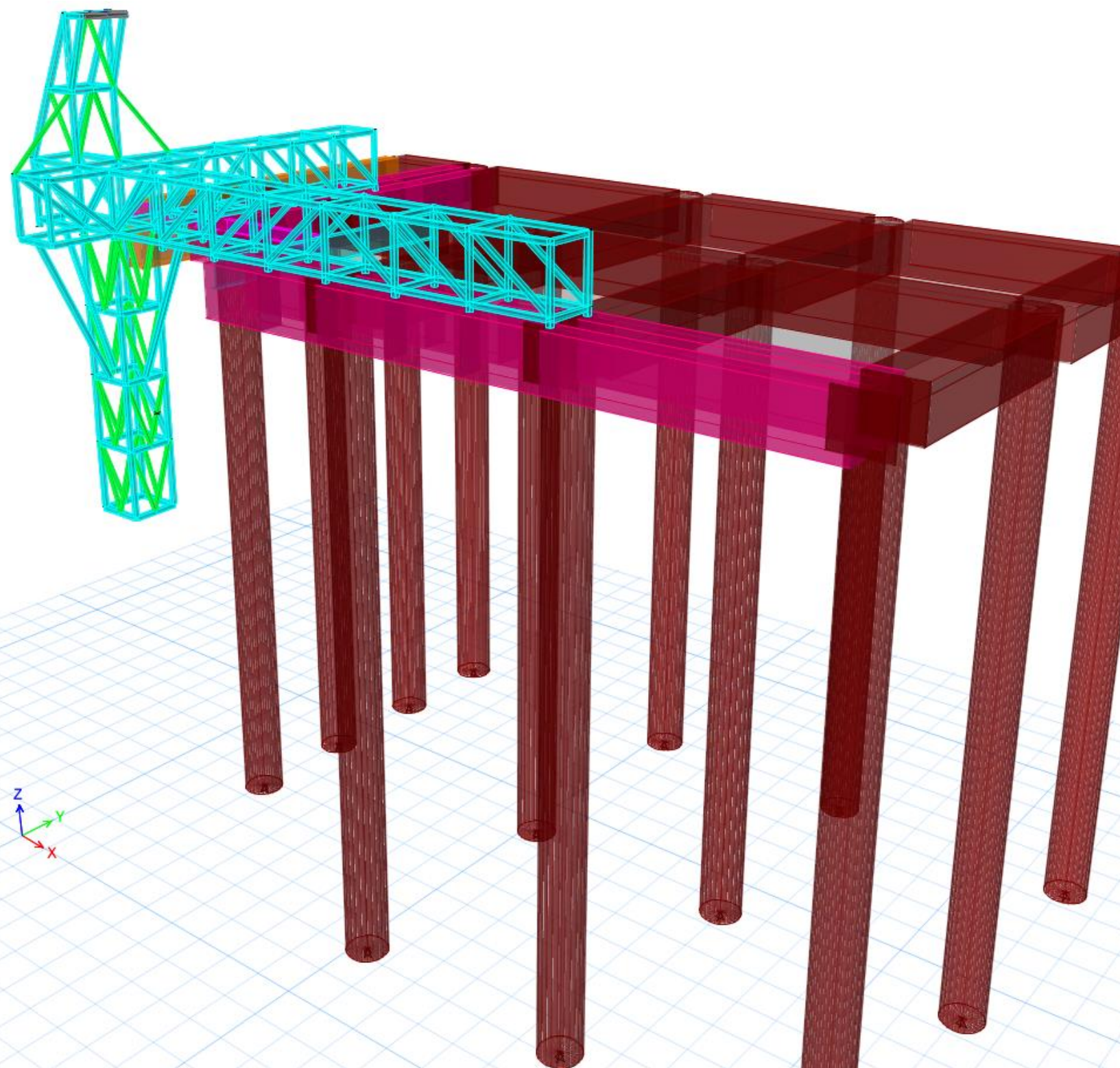
Para los correspondientes diseños estructurales de los elementos que conforman la estructura se hicieron los respectivos análisis estructurales con las cargas propias para el montaje de la camisa, el izado de los aceros de refuerzo y el vaciado del concreto, con los factores establecidos para este tipo de estructuras.

A continuación, se indican de manera gráfica los Resultados que arroja el programa considerando las cargas de operación durante la construcción del pilote y por otro lado considerando las cargas de uso del muelle.



SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

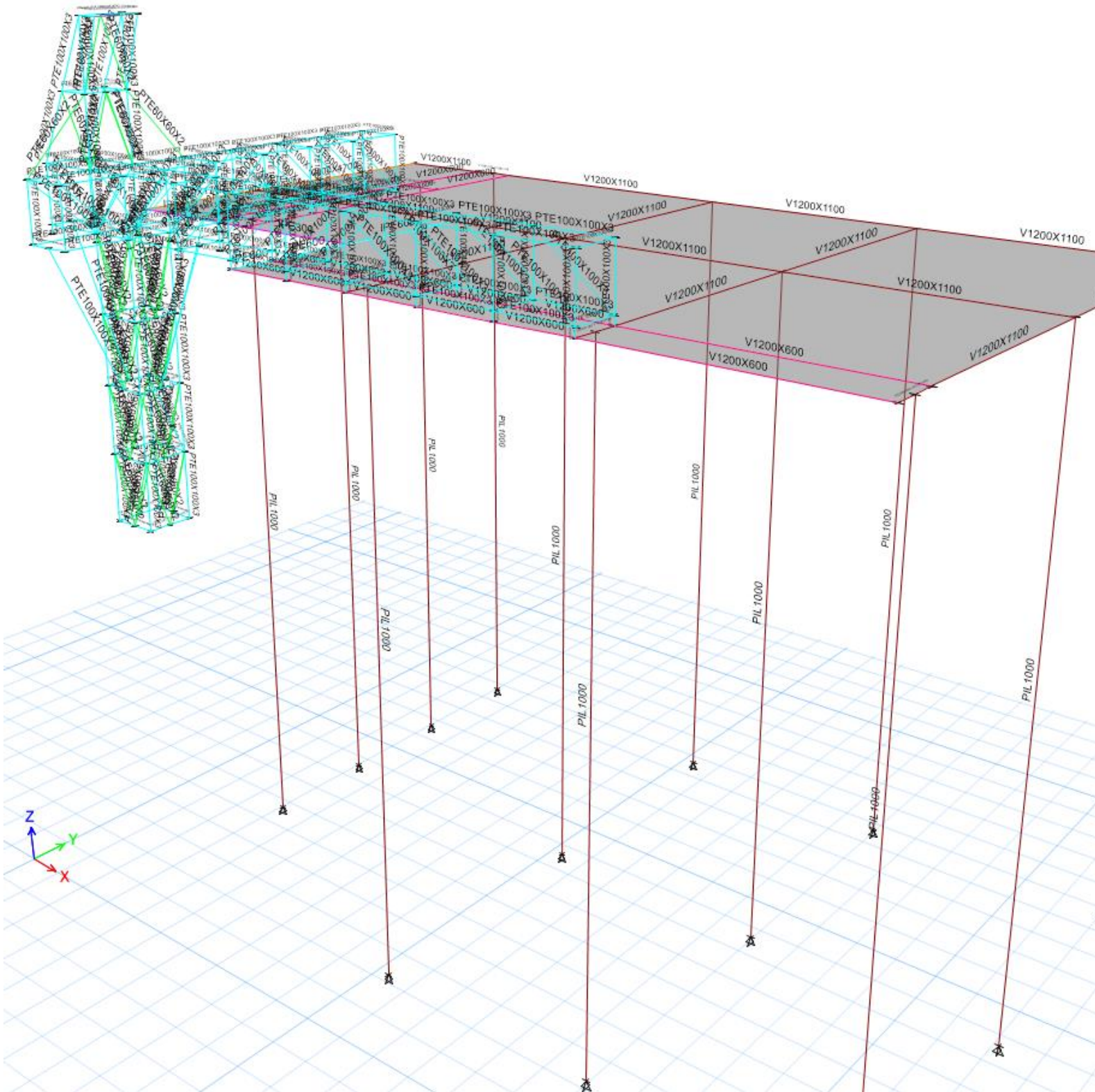
SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUE - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA



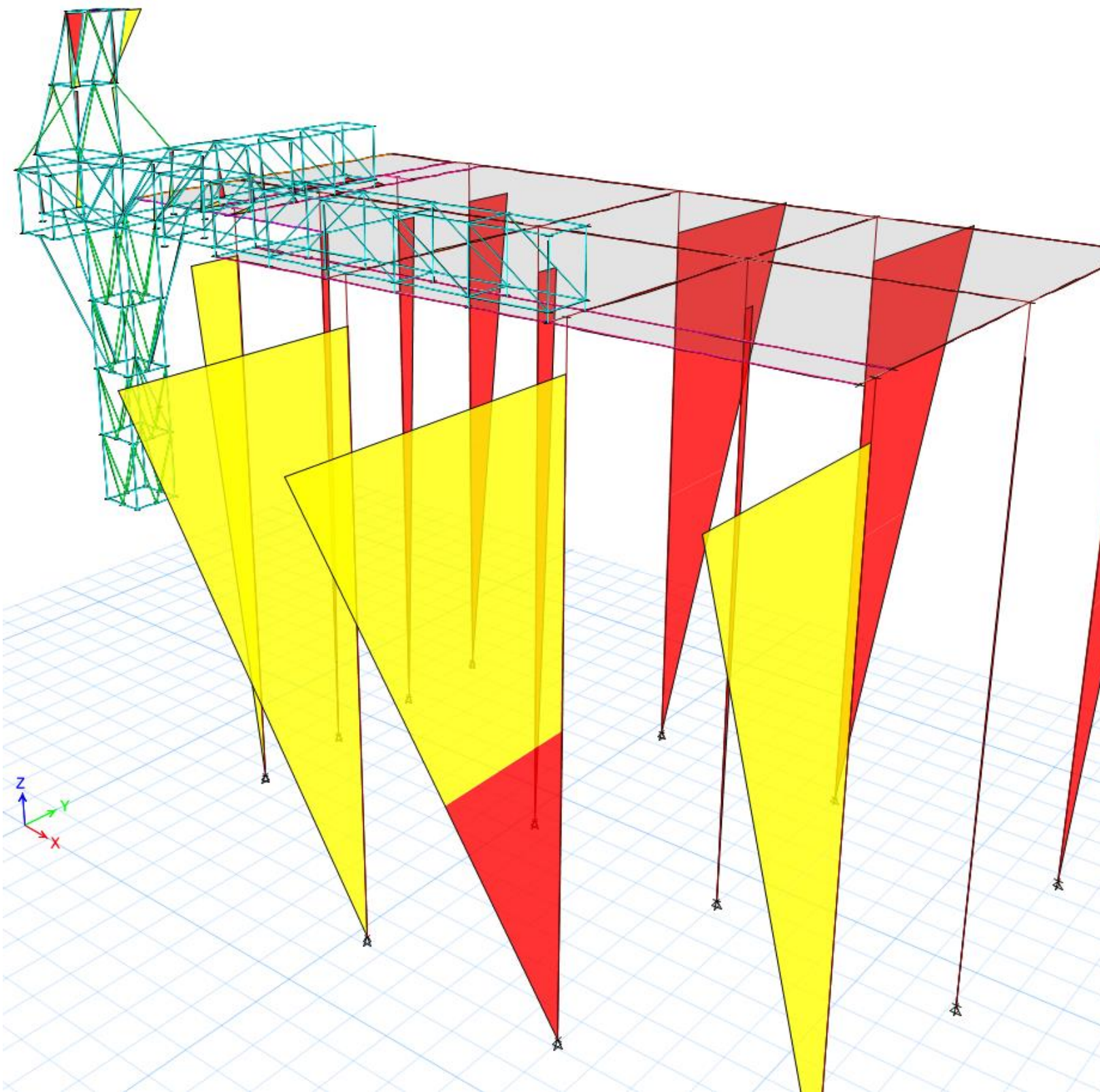


SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

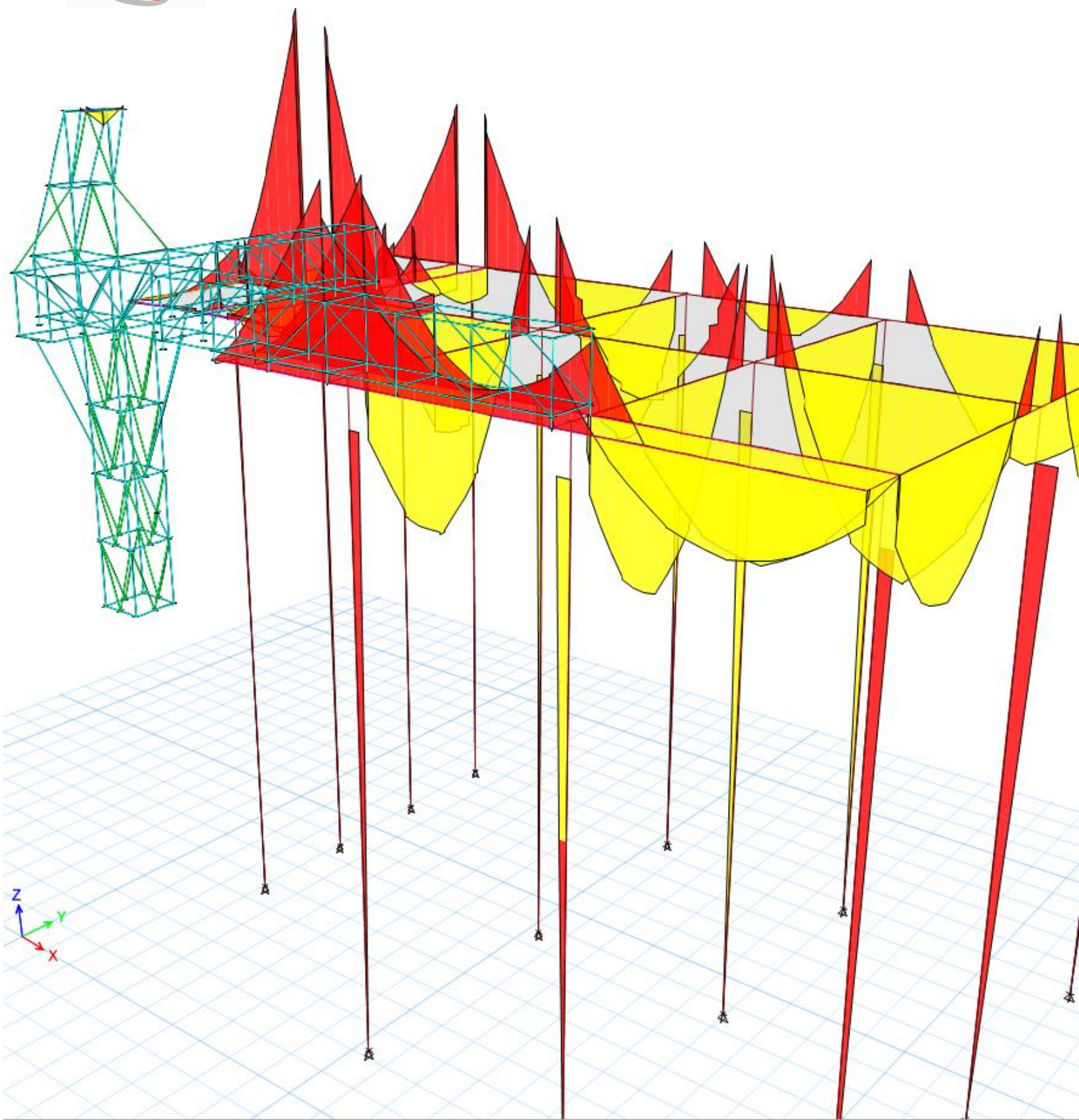
SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA



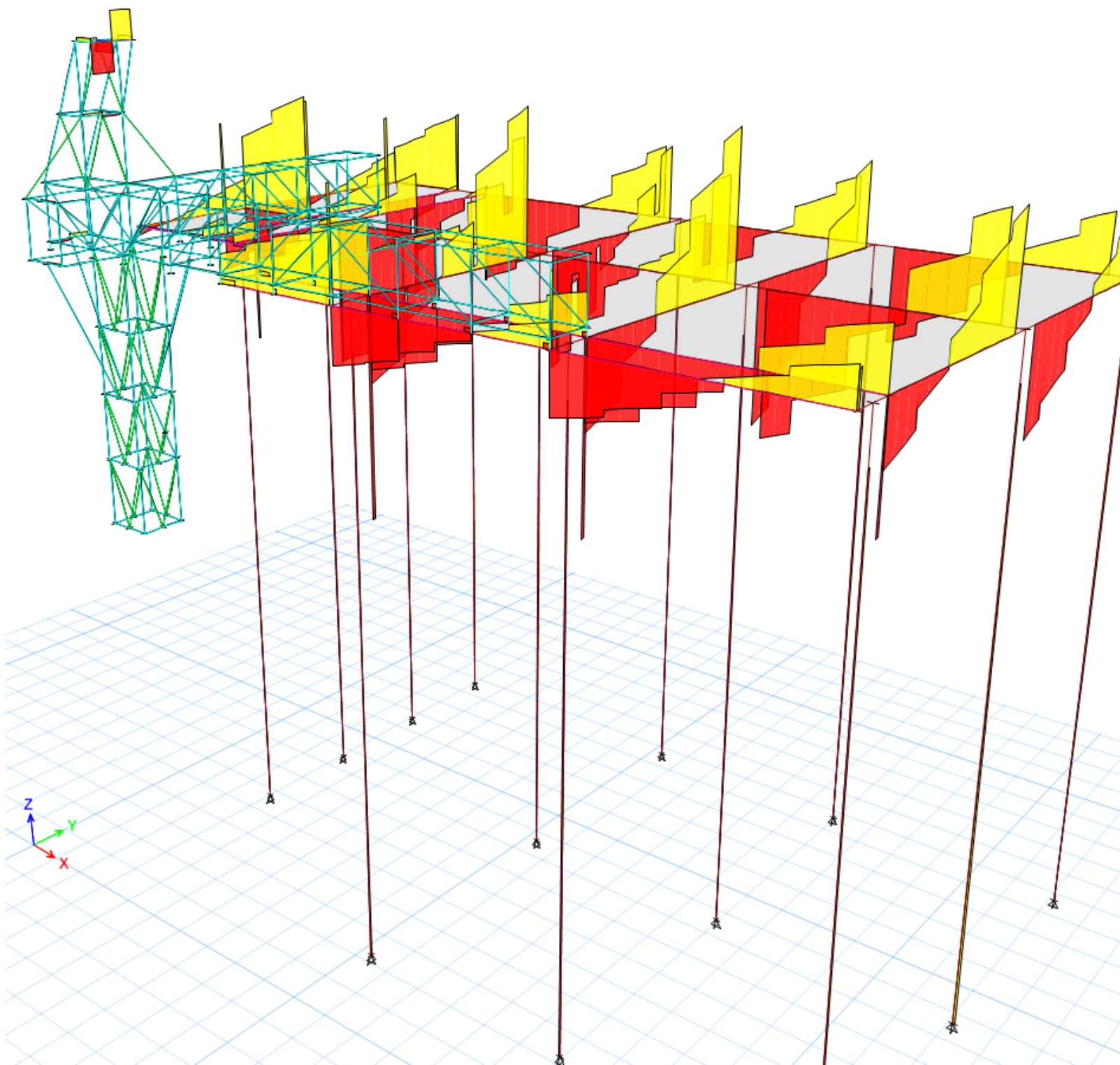




DIAGRAMAS DE MOMENTOS M2-M2



DIAGRAMAS DE MOMENTOS M3-M3

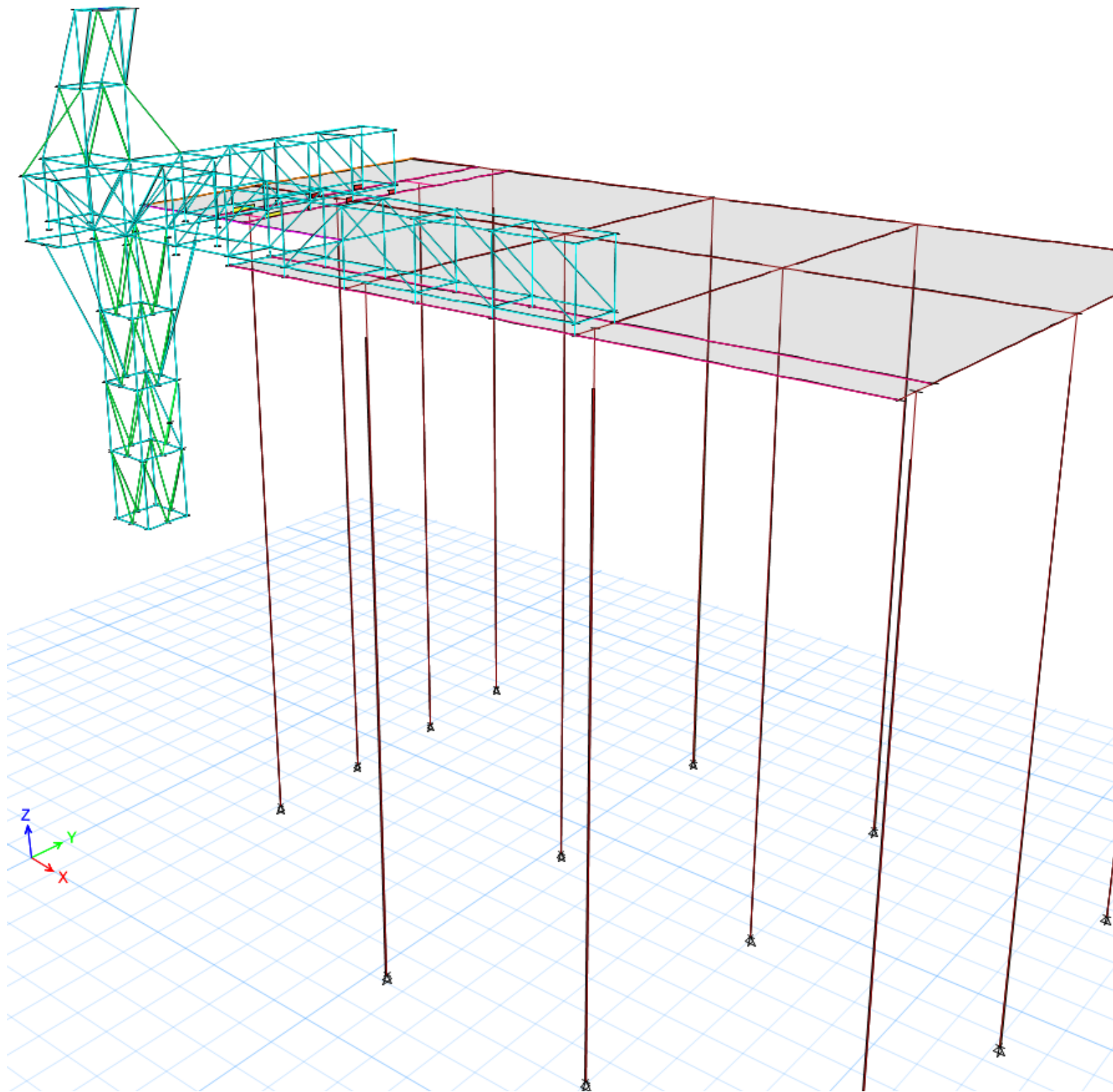


DIAGRAMAS DE CORTANTES V2-V2

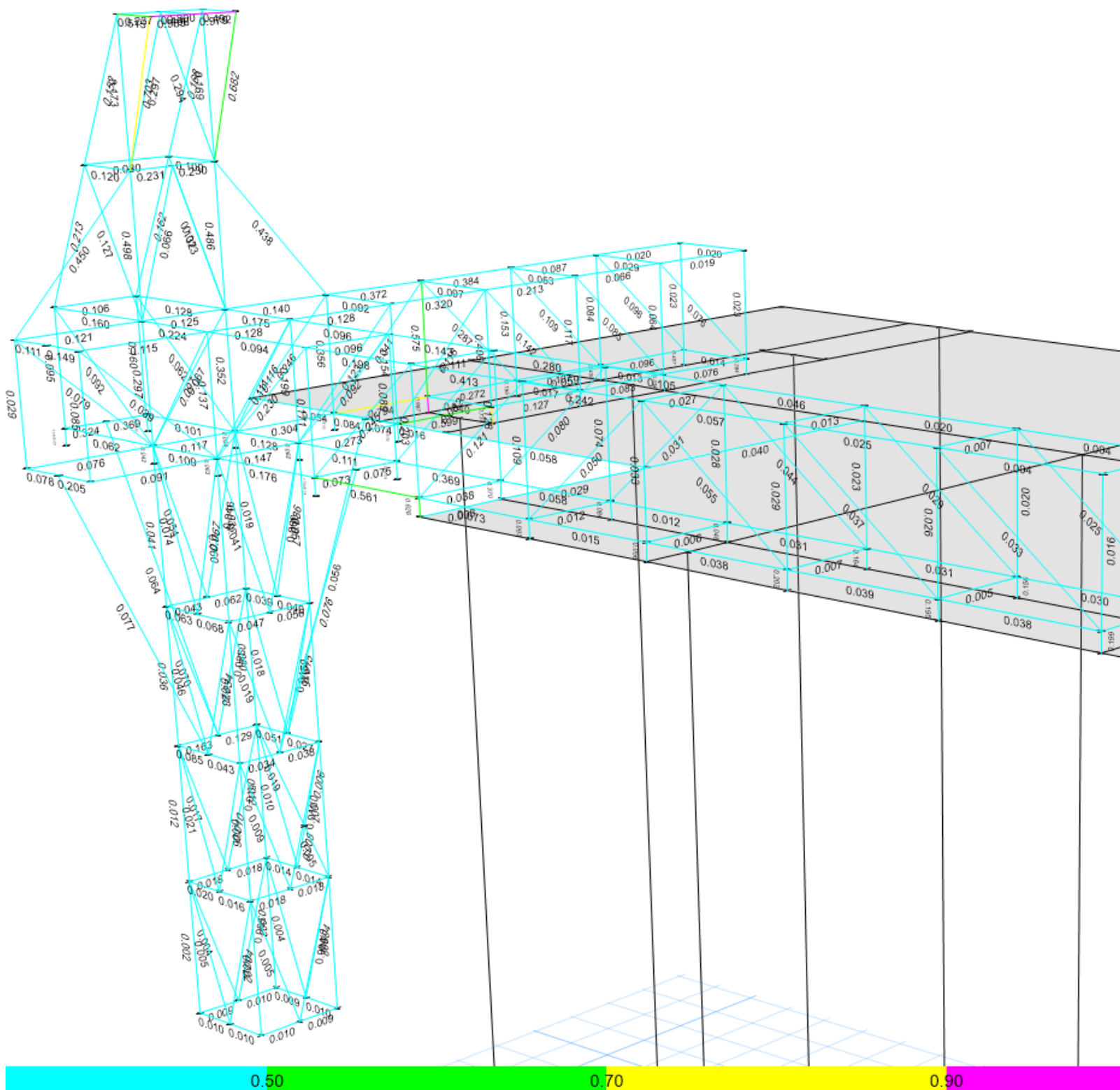


SOLUCIONES DE INGENIERIA,
BUCEO COMERCIAL Y DRAGADO SAS

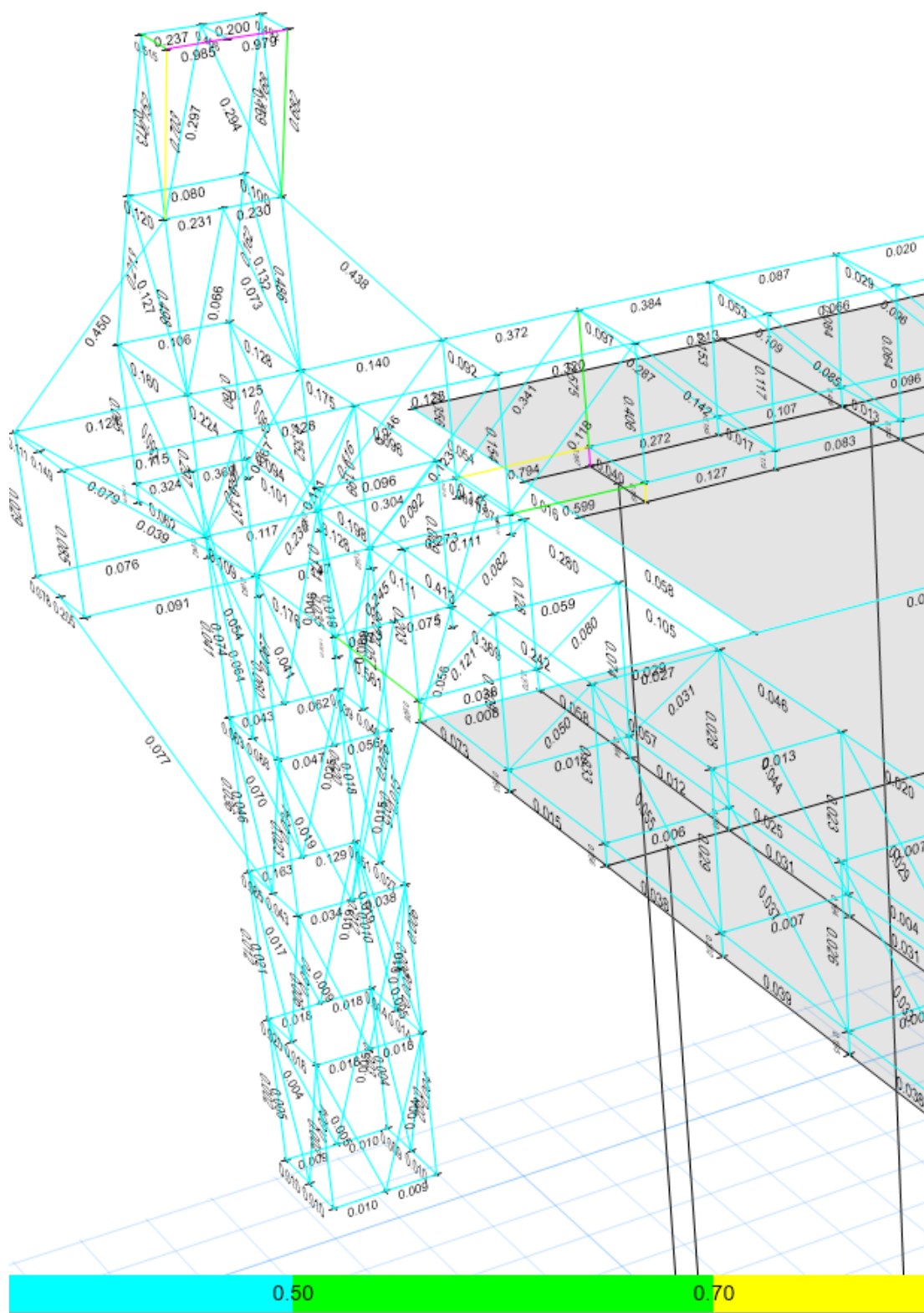
SISTEMA DE REPOSICION DE PILOTE DE DOLPHIN AFECTADO POR MOTONAVE
TERMINAL DE CONTENEDORES TCBUEN - BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA



DIAGRAMAS DE FUERZAS CORTANTES V3-V3



**SUFICIENCIAS DE ELEMENTOS METALICOS PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO
PILOTE**



**DETALLE DE LAS SUFICIENCIAS DE ELEMENTOS METALICOS PARA LA
CONSTRUCCION DEL NUEVO PILOTE, EN LAS ZONAS CRITICAS**