

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES



PRÁCTICA SUPERVISADA

“FUNDACIÓN DE SILOS Y OBRA CIVIL EN AMPLIACIÓN DE PLANTA DE ACOPIO”

Autor: Matías Alejandro Paoloni

Tutor: Ing. Marcelo Zeballos

Supervisor Externo: Ing. Lucas Grossi

- JULIO 2015 -

RESUMEN

El presente informe corresponde al marco teórico de referencia de la Práctica Profesional Supervisada realizada por el alumno Matías Alejandro Paoloni en la empresa Arinco SRL.

El informe posiciona al alumno en la oficina técnica de la empresa y describe las tareas realizadas por el mismo en relación a un proyecto en particular, al cual debe el título el informe: "Fundación de Silos y Obra Civil en Ampliación de Planta de Acopio".

Durante el desarrollo del proyecto se han comparado dos alternativas de fundación perimetral de silos, una mediante zapata corrida y otra mediante hilera de pilotes.

En función de las tareas asignadas durante la Práctica Supervisada, se han podido desarrollar, en particular en relación con este proyecto, las correspondientes tanto a la cotización para la obtención del proyecto, como a la ingeniería para la ejecución de la obras.

El objetivo de este informe es presentar lo realizado en dicho proyecto y los conceptos en que se funda para luego presentar las conclusiones generales de la realización de la Práctica Supervisada.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	4 -
1.1. OBJETIVOS	4 -
2. AMBITO DE TRABAJO	5 -
2.1. LA EMPRESA	5 -
2.1.1. <i>La Oficina Técnica</i>	5 -
2.1.2. <i>El Alumno en la Empresa</i>	6 -
2.2. MARCO TEORICO	6 -
2.3. MARCO LEGAL	6 -
3. FUNDACION DE SILOS Y OBRA CIVIL EN AMPLIACIÓN DE PLANTA DE ACOPIO	7 -
3.1. INTRODUCCIÓN.....	7 -
3.1.1. <i>Los Silos y sus Fundaciones</i>	7 -
3.1.2. <i>La Obra Civil en Yanquetruz</i>	9 -
3.1.2.1. Fundación de los Silos	9 -
3.1.2.2. Movimiento de Suelos.....	11 -
3.1.2.3. Foso de Norias.....	11 -
3.1.2.4. Tolvas de descarga y conexiones con el pozo	12 -
3.1.2.5. Veredas perimetrales y bases para el transporte y ventilación	13 -
3.1.2.6. Columnas de Anclaje	13 -
3.1.3. <i>Alternativa Propuesta por Arinco</i>	14 -
3.2. TAREAS REALIZADAS	16 -
3.3. ANÁLISIS DE CARGA.....	17 -
3.3.1. <i>Carga lineal sobre viga anillo</i>	18 -
3.3.2. <i>Carga superficial de fondo</i>	19 -
3.4. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS.....	21 -
3.5. PRE-DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS	25 -
3.5.1. <i>Viga Anillo</i>	25 -
3.5.2. <i>Pilotes</i>	27 -
3.6. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO	28 -
3.6.1. <i>Análisis de los resultados</i>	34 -
3.6.2. <i>Adjudicación</i>	36 -
3.7. MODELADO DE LA FUNDACION	36 -
3.8. DIMENSIONADO FINAL DE LOS ELEMENTOS	41 -
3.8.1. <i>Viga Anillo</i>	41 -
3.8.2. <i>Pilotes</i>	46 -
3.9. CONFECCIÓN DE PLANOS EJECUTIVOS	48 -
3.9.1. <i>Planta General</i>	49 -
3.9.2. <i>Planta Replanteo Columnas de Anclaje</i>	49 -
3.9.3. <i>Planta Movimiento de Suelos</i>	49 -
3.9.4. <i>Corte Movimiento de Suelos</i>	49 -
3.9.5. <i>Cortes Silos</i>	49 -
3.9.6. <i>Foso de Noria y Conexiones</i>	50 -
3.9.7. <i>Detalles Silos y Columnas de Anclaje</i>	50 -
3.9.8. <i>Detalles Tolvas</i>	50 -
3.10. CONFECCIÓN DE LISTAS DE HIERROS	51 -

3.11. REVISIONES.....	- 52 -
3.12. DE LA PUESTA EN OBRA	- 53 -
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 62 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 63 -
ANEXOS	- 64 -

INDICE DE FIGURAS

FIG. 2.1. ORGANIGRAMA ARINCO S.R.L.	- 5 -
FIG. 3.1 SILOS ISILAR	- 8 -
FIG. 3.2 DETALLE FUNDACIÓN – COMITENTE	- 10 -
FIG. 3.3 VISTA EN PLANTA DE FUNDACIONES Y ARMADO DE LOSA DE FONDO - COMITENTE	- 10 -
FIG. 3.4 DISPOSICIÓN FUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE SUELOS – COMITENTE.....	- 11 -
FIG. 3.5 CORTE POZO DE NORIA – COMITENTE	- 12 -
FIG. 3.6 TOLVAS Y CONEXIONES – COMITENTE.....	- 13 -
FIG. 3.7 COLUMNAS DE ANCLAJE - COMITENTE	- 14 -
FIG. 3.8 ALTERNATIVA DE FUNDACIÓN ARINCO - VISTA EN PLANTA DE FUNDACIONES Y ARMADO DE LOSA DE FONDO	- 15 -
FIG. 3.9 ALTERNATIVA DE FUNDACIÓN ARINCO – CORTE.....	- 16 -
FIG. 3.10 COEFICIENTES DE EMPUJE DE SUELOS	- 20 -
FIG. 3.11 ESQUEMA DE TRACCIÓN SOBRE VIGA ANILLO	- 21 -
FIG. 3.12 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	- 22 -
FIG. 3.13. DIAGRAMAS DE DEFORMACIÓN Y COEF. DE SEGURIDAD PARA LOS ESTADO LÍMITES - CIRSOC 201/81.....	- 26 -
FIG. 3.14 COEFICIENTE DE PASE OPCIÓN PILOTES – DATA OBRA	- 34 -
FIG. 3.15 MODELO 3D	- 37 -
FIG. 3.16 MODELO - SECCIONES, MATERIALES Y CONDICIONES DE VÍNCULO	- 37 -
FIG. 3.17 ESQUEMA DE CARGAS	- 38 -
FIG. 3.18 DEFORMADA	- 38 -
FIG. 3.19 DIAGRAMAS DE CORTE Y MOMENTO	- 39 -
FIG. 3.20 DIAGRAMAS DE CORTE Y MOMENTO CON VALORES.....	- 39 -
FIG. 3.21 ESFUERZO AXIAL.....	- 40 -
FIG. 3.22 DIAGRAMA DE MOMENTO EN PILOTES	- 40 -
FIG. 3.23 ESQUEMAS DE SOLICITACIONES, TENSIONES Y DEFORMACIONES PARA EL ESTADO DE ROTURA.....	- 42 -
FIG. 3.24 POSICIÓN DE ARMADURAS DE PLANILLA PARA EL DIMENSIONADO DE VIGAS.....	- 44 -
FIG. 3.25 SALIDA I - SOFTWARE PPLAN	- 45 -
FIG. 3.26 SALIDA II - SOFTWARE PPLAN	- 45 -
FIG. 3.27 UBICACIÓN DE LA OBRA EN EL MAPA SÍSMICO DE ARGENTINA.....	- 47 -
FIG. 3.28 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PARA COLUMNAS CIRCULARES	- 48 -
FIG. 3.29 MOVIMIENTO DE SUELOS	- 53 -
FIG. 3.30 CANTOS RODADOS.....	- 54 -
FIG. 3.31 PILOTERA	- 54 -
FIG. 3.32 PILOTE.....	- 54 -
FIG. 3.33 EXCAVACIÓN FOSO DE NORIA	- 55 -
FIG. 3.34 ENCOFRADO CIRCULAR FOSO DE NORIA	- 55 -
FIG. 3.35 EXCAVACIÓN PARA DESCENSO DE FOSO DE NORIA.....	- 56 -
FIG. 3.36 RETIRO DE SUELO DE FOSO DE NORIA	- 56 -

FIG. 3.37 PERFILADO DE FONDO CONO DE SILOS.....	- 57 -
FIG. 3.38 FUNDACIÓN DE SILOS	- 57 -
FIG. 3.39 ENCOFRADO VIGA ANILLO.....	- 58 -
FIG. 3.40 VIGA ANILLO.....	- 58 -
FIG. 3.41 COLADO DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA EN FONDO CONO.....	- 59 -
FIG. 3.42 BARRO CEMENTO Y ARMADURAS EN FONDO CONO	- 59 -
FIG. 3.43 COLADO DE HORMIGÓN FONDO CONO	- 60 -
FIG. 3.44 CARPETA DE TERMINACIÓN FONDO CONO.....	- 60 -
FIG. 3.45 FUNDACIÓN DE SILOS	- 61 -

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES	- 23 -
TABLA 3.2 PRE-DIMENSIONADO DE VIGAS S/ CIRSOC 201/81	- 26 -
TABLA 3.3 CÁLCULO CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES.....	- 28 -
TABLA 3.4 PRESUPUESTO DESAGREGADO OPCIÓN PILOTES - DATA OBRA.....	- 30 -
TABLA 3.5 DETERMINACIÓN DEL PRECIO POR EL MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN	- 31 -
TABLA 3.6 ANÁLISIS PILOTES – DATA OBRA	- 31 -
TABLA 3.7 ANÁLISIS TABIQUE FOSO DE NORIA – DATA OBRA.....	- 32 -
TABLA 3.8 GASTOS GENERALES DE OBRA O COSTOS DIRECTOS FIJOS	- 33 -
TABLA 3.9 COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS A PRECIO FINAL.....	- 35 -
TABLA 3.10 EXCAVACIONES OPCIÓN PILOTES - DATA OBRA	- 35 -
TABLA 3.11 EXCAVACIONES OPCIÓN ZAPATA - DATA OBRA	- 35 -
TABLA 3.12 RELLENOS OPCIÓN PILOTES - DATA OBRA	- 35 -
TABLA 3.13 RELLENOS OPCIÓN ZAPATA - DATA OBRA	- 36 -
TABLA 3.14 FUNDACIÓN OPCIÓN PILOTES - DATA OBRA	- 36 -
TABLA 3.15 FUNDACIÓN OPCIÓN ZAPATA - DATA OBRA	- 36 -
TABLA 3.16 DIMENSIONADO DE VIGAS S/ CIRSOC 201/81 - PARTE I.....	- 44 -
TABLA 3.17 DIMENSIONADO DE VIGAS S/ CIRSOC 201/81 - PARTE II.....	- 44 -
TABLA 3.18 DIMENSIONADO DE VIGAS S/ CIRSOC 201/81 - PARTE III.....	- 44 -
TABLA 3.19 DETERMINACIÓN ARMADURA PILOTE.....	- 47 -
TABLA 3.20 LISTAS DE HIERRO - DETERMINACIÓN DE LONGITUD DE ARMADURA DE ESTRIBOS EN VIGA ANILLO.....	- 52 -
TABLA 3.21 LISTAS DE HIERRO - DETERMINACIÓN DE LONGITUD TOTAL DE ARMADURA LONGITUDINAL EN VIGA ANILLO	- 52 -

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico corresponde al marco de referencia teórico de la Práctica Profesional Supervisada realizada por el alumno Matías Alejandro Paoloni en la empresa Arinco SRL durante los meses mayo y junio del año 2015.

En la Práctica Supervisada el alumno se desarrolló en la oficina técnica de la empresa realizando diferentes tareas dirigidas a: la ingeniería para la ejecución de las obras obtenidas, en particular en relación con el diseño y cálculo de fundaciones en diferentes obras agroindustriales, así como la cotización de propuestas de obras.

El informe técnico trata sobre el trabajo realizado por el alumno en un proyecto particular que abarca la mayoría de las tareas llevadas a cabo por el alumno. El proyecto comprende la obra civil para la ampliación de una planta de acopio, siendo el ítem principal la fundación de dos silos de fondo cónico.

El trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos, el presente introduce al lector en las características de este informe y plantea los objetivos bases de esta Práctica Profesional Supervisada. El capítulo dos describe a la empresa y posiciona al alumno en ella, a fin de permitir mostrar con claridad las aplicaciones de actividades de ingeniería en el marco de este tipo de empresas. El capítulo tres contiene el desarrollo del proyecto tratado, comenzando por una introducción al proyecto y las obras que abarca, y continuando con la descripción de cada una de las tareas realizadas por el alumno. Finalmente, en el capítulo cuatro se presentan las conclusiones técnicas de proyecto y en relación con la Práctica Profesional Supervisada efectuada.

1.1. OBJETIVOS

Para la realización de esta Práctica Profesional Supervisada que tiene como objetivo principal la inserción del alumno al ejercicio profesional del Ingeniero Civil se han planteado los siguientes objetivos particulares:

- Aplicación y profundización de los conocimientos adquiridos durante la carrera, orientados principalmente a las fundaciones en general.
- Comparación del marco teórico de aplicación con el específico de ejecución, tanto en la relación Universidad-Oficina como en la relación Oficina-Obra.
- La inmersión dentro del campo profesional, adquiriendo experiencia en la actividad laboral relacionada directamente a la profesión como así también en las formas de comunicación y manejo de información.

2. AMBITO DE TRABAJO

2.1. LA EMPRESA

Arinco SRL es una empresa constructora y proveedora de hormigón elaborado. Se ubica sobre el km 502 de la Ruta Nacional N° 9 en la ciudad de Bell Ville. Nació en el año 1990 de la mano de sus socios fundadores los Ingenieros Civiles Arturo Lucas Grossi y Miguel Penza. Se inició con la planta hormigonera y ejecutando obras de pequeña magnitud. Con el pasar de los años fue creciendo en tamaño y alcance, especializándose en las obras agroindustriales. Desde el año 2010 es representante de Kepler Weber, firma internacional especializada en el desarrollo de productos para el almacenaje de granos.

En la actualidad la empresa se encuentra organizada según el esquema de la Fig. 2.1:

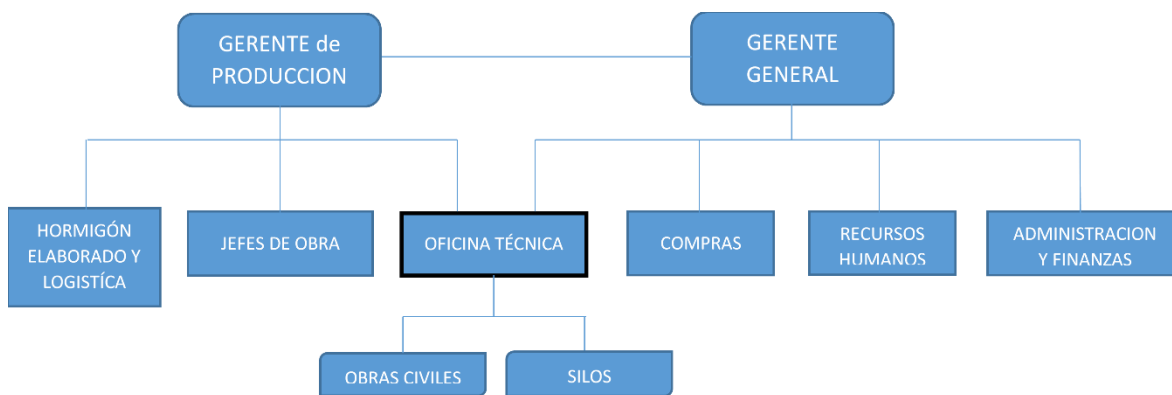


Fig. 2.1. Organigrama Arinco S.R.L.

2.1.1. La Oficina Técnica

Es la encargada de la obtención de los proyectos, y de la dirección centralizada y coordinada de los mismos.

Se entiende por obtención a la realización de los cómputos y presupuestos para las adjudicaciones de los proyectos, y tanto que la dirección centralizada y coordinada comprende el desarrollo de la ingeniería necesaria para la ejecución de los mismos.

La puesta en obra de los proyectos queda a cargo del Jefe de Obra asignado a la misma. Durante el desarrollo cada Jefe se mantiene en constante comunicación con la oficina técnica para la solución de los diferentes problemas que surjan durante la ejecución.

Los proyectos se dividen en componentes generales de obras civiles e ingeniería de silos. En menor medida se realizan desarrollos propios y proyectos de cálculo y diseño estructural.

La Oficina Técnica se encuentra en crecimiento a la par de la empresa, el responsable es el Ing. Civil Lucas Grossi. Esta oficina cuenta con dos pasantes y cuatro empleados fijos; de estos últimos un empleado se encarga de los proyectos de silos, dos de las componentes generales de obras civiles, y el restante es dibujante. Dentro de cada rama de proyectos

(obras civiles y silos) cada uno tiene asignado un campo de acción pero en función de las necesidades del momento se dividen las tareas a realizar. Los campos de acción pueden desagregarse de la siguiente manera:

- Ingeniería Civil: cálculos, memorias, listas de hierro, confección de planos, etc.
- Cotización, presupuestos y seguimiento de los proyectos
- Trámites de seguro y confección de planes de seguridad
- Ingeniería de Silos

2.1.2. El Alumno en la Empresa

La posición del alumno en la empresa es en la oficina técnica como pasante. El superior inmediato es el Ing. Lucas Grossi, supervisor externo de esta Práctica Supervisada. Durante la realización de la Práctica Supervisada el estudiante ha realizado las siguientes tareas:

- Cómputos
- Presupuestos
- Planillas de doblado y cortado de hierros
- Diseño estructural
- Modelado estructural
- Predimensionado de elementos estructurales
- Dimensionado y cálculos de elementos estructurales
- Confección de planos: en su mayoría plantas de fundaciones y estructura y detalles constructivos
- Memorias de Cálculos

2.2. MARCO TEORICO

Para la realización de la Práctica Supervisada el alumno ha realizado una revisión de los conocimientos adquiridos en las materias correspondientes de aplicación, principalmente Hormigón Armado y Pretensado, Diseño de Estructuras de Hormigón, Geotecnia II, Geotecnia III y Proyecto, Dirección y Valuación de Obras.

Como la empresa Arinco se encuentra abocada principalmente a la realización de obras agroindustriales se ha investigado sobre silos, con visión ingenieril, y sobre plantas de acopio, con el fin de adquirir una idea más completa de su funcionamiento.

Los conceptos que se han utilizado en el desarrollo de este informe se describen y citan previo a su utilización. Todo el material utilizado se encuentra citado en la BIBLIOGRAFÍA al final del documento.

2.3. MARCO LEGAL

En los cálculos y verificaciones estructurales se busca cumplimentar y seguir los reglamentos CIRSOC 101, 102, 201, y en su caso INPRES-CIRSOC 103. Siendo mayoritario el uso del reglamento CIRSOC 201/81.

3. FUNDACION DE SILOS Y OBRA CIVIL EN AMPLIACIÓN DE PLANTA DE ACOPIO

3.1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que se trata en particular en esta presentación se refiere a la realización de la obra civil en una ampliación de una planta de acopio de maíz en la provincia de San Luis.

El comitente es la Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA) y la planta de acopio se encuentra en el establecimiento “Yanquetruz” en la zona rural de Juan Llerena. La planta acopia maíz para un criadero modelo de cerdos. El mismo cuenta con una planta de biogás para el autoabastecimiento y la venta de energía eléctrica, la cual se alimenta con los residuos de las producciones de maíz y porcinos.

La ampliación consiste en la construcción de dos silos metálicos de fondo cónico de 16,5 m de diámetro y capacidad de 2900 toneladas, para acopio de maíz, con la correspondiente obra civil. A Arinco S.R.L. se le solicitó la cotización para la construcción de esta última (componentes de ingeniería civil complementarios), encontrándose previamente adjudicada la construcción de los silos.

El proyecto llega del cliente a la oficina técnica vía e-mail con dos archivos en formato “.cad”, cada uno con los siguientes planos para la cotización:

- Aca Yanquetruz OC.cad
 - “Replanteo Ampliación” (Replanteo de los silos, pozo de norias, tolvas y bases para transporte referenciados a boca de descarga existente)
 - “Pozo de Norias” (Planta y corte y detalles de armado)
 - “Conexiones Subterráneas” (Cortes de tolvas y conexiones con el pozo)
 - “Columnas de Anclaje” (Replanteo y detalles)
- Aca Yanquetruz – Base 1650.cad
 - “Base Ø 16.50 mts – 35º” (Cortes y detalles de anclajes, movimientos de suelos, zapatas y fondo cónico)

3.1.1. Los Silos y sus Fundaciones

Los silos de la ampliación son silos fijos metálicos, se los llama fijos porque descansan directamente sobre la base de hormigón en el terreno. Estos se diferencian de los silos elevados o aéreos (silos metálicos de menor capacidad) que descansan sobre una estructura a cierta distancia del nivel de piso. Los silos a construirse en “Yanquetruz” son cilíndricos de 16,5 m de diámetro y una capacidad de 2900 ton de maíz. Los provee Isilar, una empresa nacional con sede en la provincia de Santa Fe. La Fig. 3.1. es una foto de silos similares. A continuación se cita la descripción de los Silos Fijos Metálicos Isilar, ambos extraídos de la página web del proveedor.



Fig. 3.1 Silos ISILAR

“Los Silos Isilar se construyen totalmente con materiales metálicos, desarmables, con cuerpo cilíndrico y techo cónico adecuados en sus dimensiones a diferentes necesidades de almacenamiento.

El cuerpo cilíndrico se construye con chapas galvanizadas, acanaladas, fijadas entre sí y a una estructura rigidizadora con bulones y juntas hermetizadas. Dicha estructura está compuesta por montantes verticales de sección variable y anillos horizontales acordes a la posición y altura del silo correspondiente. Posee boca de acceso a nivel vereda y escalera vertical interna y externa con guarda hombre.

El techo se conforma con gajos de chapa galvanizada de forma trapezoidal cuyos bordes longitudinales están plegados formando molduras lo que aumenta su resistencia y permite una perfecta unión entre sectores contiguos. Posee cabreadas de refuerzo tomadas al aro superior.

Así, el conjunto adquiere resistencia para soportar el peso de equipos mecánicos y/o de medición. Los accesorios que completan el techo lo componen la boca de acceso e inspección, escalera con baranda y respiraderos estáticos y/o dinámicos.

La fijación al sitio se efectúa mediante anclajes de hierro que vinculan la estructura resistente al hormigón de base.”

La forma más común de fundar los silos de almacenamiento fijos es a través de dos elementos fundamentales, una viga perimetral en forma de anillo y la losa de fondo, ambos de hormigón armado. Se definen estos elementos debido al denominado “Efecto Silo” por el cual una parte del peso del material ensilado se transmite por fricción a las paredes del silo y otra descansa directamente sobre el fondo. La carga que se transmite por las paredes la toma la viga anillo y la transmite al suelo a través de las fundaciones.

En nuestro medio la práctica es que viga anillo y fondo no se vinculen, de esta manera trabajan en forma independiente y el fondo pueda asentarse libremente sin significar estos asentamientos esfuerzos que llevarían a un armado excesivo y el consiguiente encarecimiento de la obra. Se permiten ciertos asentamientos del fondo debido a que no afectan el funcionamiento de los silos.

La transmisión de las cargas que recibe la viga anillo al suelo se debe seleccionar como cualquier otra fundación siendo en la mayoría de los casos los factores determinantes el perfil geotécnico y los costos debido a la naturaleza de la obra y su emplazamiento. Las prácticas más comunes de fundación son una zapata corrida o una hilera de pilotes repartidos bajo la viga anillo, siendo esta última recomendable debido al confinamiento que realiza del suelo bajo el silo, limitando de esta forma los asentamientos del fondo.

En el caso de zapata corrida la viga anillo cumple la función de nervio de repartición y en el caso de pilotes hace las veces de cabezal y viga riostra.

3.1.2. La Obra Civil en Yanquetruz

La obra civil propuesta por el comitente, proveniente del calculista general de la misma, está formada por los siguientes componentes:

- Fundación de los silos: zapatas, viga anillo y fondo cónico
- Movimiento de suelos
- Pozo de Norias
- Tolvas de descarga y las conexiones con el pozo
- Veredas perimetrales y bases para el transporte y ventilación
- Columnas de Anclaje

3.1.2.1. Fundación de los Silos

El comitente plantea una fundación con viga anillo y fondo independientes, transmitiendo las cargas perimetrales a través de una zapata corrida sobre un suelo mejorado. De esta forma la viga anillo debe llegar al nivel superior de la zapata limitando la cota de fundación de la misma y resultando en la mayoría de los casos de grandes dimensiones:

Dimensiones viga anillo: 30x100 cm

Espesor total losa de fondo: 15 cm

Dimensiones zapata corrida: 210 cm de ancho con una altura total de 35 cm

En la Fig. 3.2 se puede observar las dimensiones y detalles constructivos de los elementos de fundación. En tanto que la disposición, en planta y corte, se muestra en las Fig. 3.3 y Fig. 3.4 respectivamente.

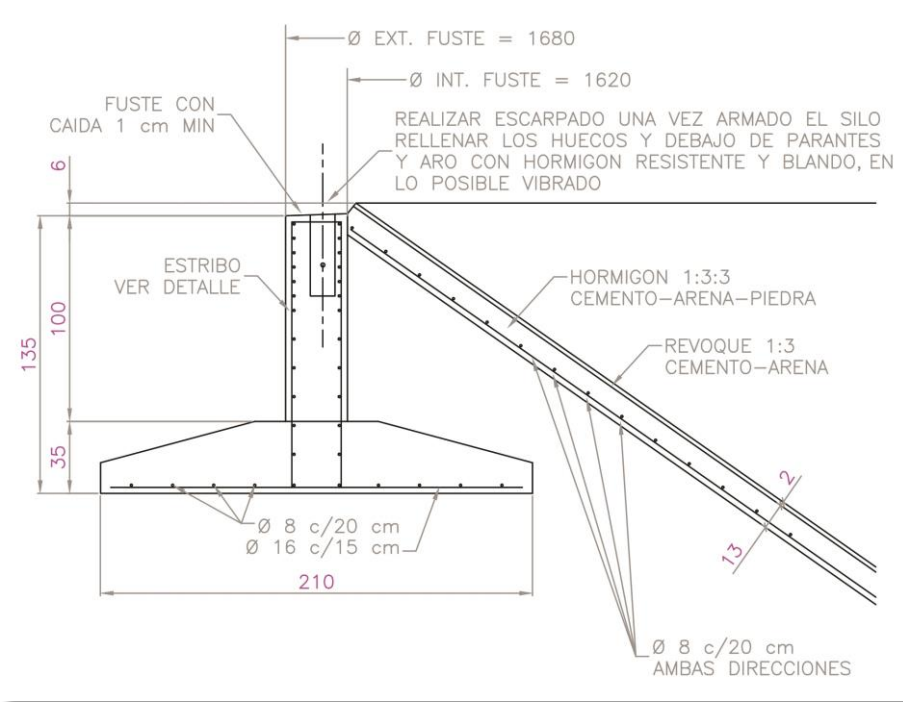


Fig. 3.2 Detalle Fundación – Comitente

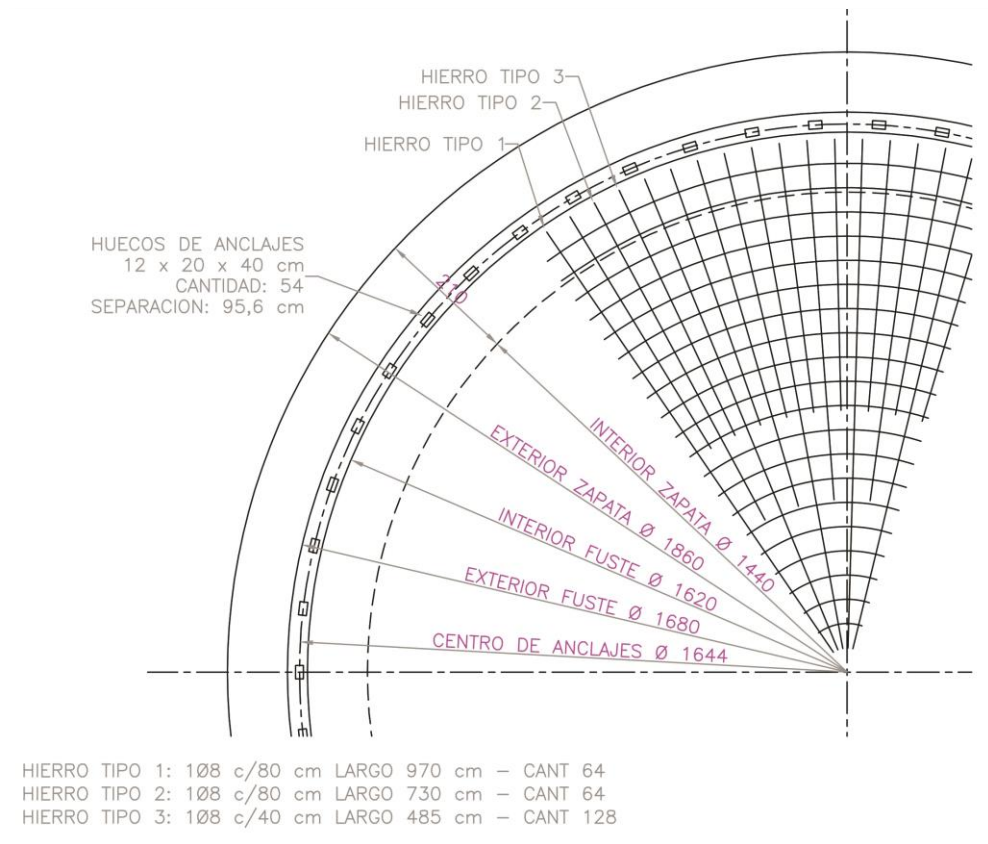


Fig. 3.3 Vista en planta de fundaciones y armado de losa de fondo - Comitente

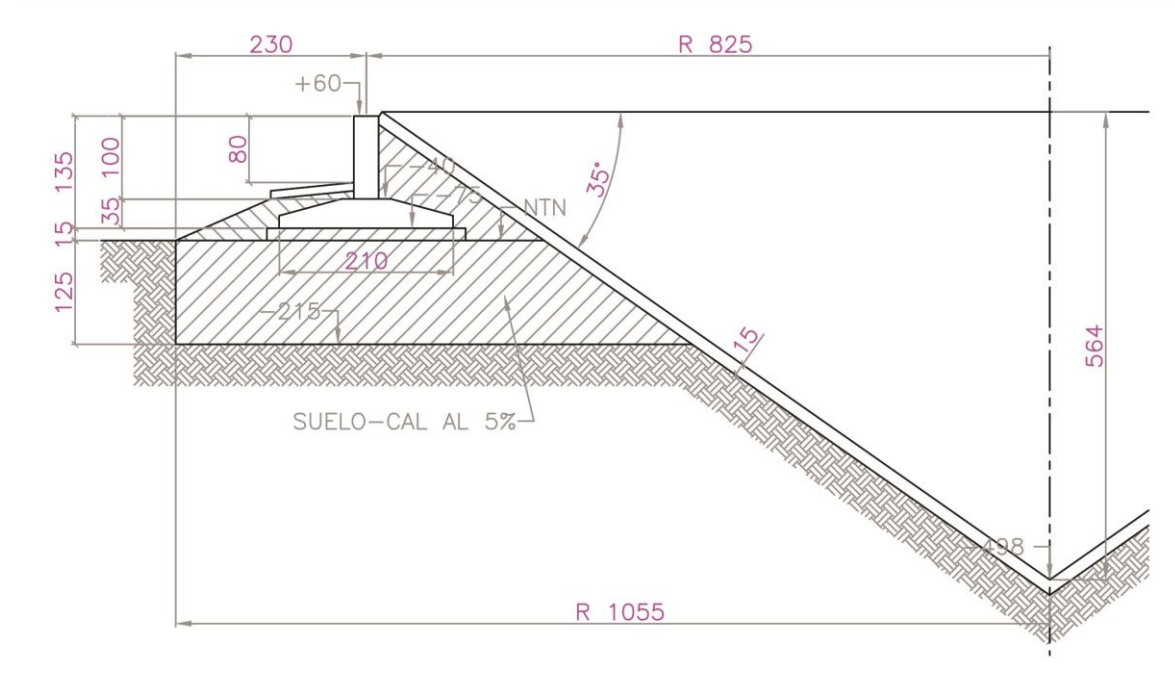


Fig. 3.4 Disposición Fundaciones y Movimientos de Suelos – Comitente

3.1.2.2. Movimiento de Suelos

En la zona de silos se prevé la excavación de un cajón, de aproximadamente 40x22 m y 1,25 m de profundidad, más lo correspondiente para completar el fondo cónico. En los rellenos se prevé la colocación de suelo hasta el nivel original más 15 cm bajo la zapata y más el espacio entre zapata y fondo, superior al nivel del terreno, con una mezcla de suelo-cal al 5%. Por último, el perfilado de toda la superficie que da apoyo a la losa de fondo y el relleno exterior de protección a la zapata. El planteo de estos movimientos se puede observar en la Fig. 3.4.

El suelo mejorado dará apoyo a la zapata y a la parte superior del fondo, con este mejoramiento se busca aumentar el módulo de deformación local del suelo, para disminuir los asentamientos.

Por otro lado, se deben excavar las tolvas de descarga y el pozo de norias, estas excavaciones se realizan a mano, mientras que las correspondientes a la zona de silos con pala mecánica.

El suelo excavado es reutilizado, en lo posible, para el relleno de suelo-cal, mientras que lo restante y el destape vegetal se depositan dentro del mismo predio, a una distancia de aproximadamente 1 km.

3.1.2.3. Foso de Norias

En la planta de acopio el foso de norias hace de intermediario en los diferentes movimientos del granel, ya sea del camión de carga al silo, del silo al camión de despacho, o entre silos.

Las descargas al pozo de norias se realizan por gravedad mediante las tolvas de descarga y las cargas se realizan mediante elevadores a cangilones o norias.

El pozo es cilíndrico con paredes y fondo de hormigón armado, de 20 y 30 cm de espesor respectivamente, el diámetro interior libre es de 5,00 m y la profundidad de 11,00 m. Lleva un pedestal de hormigón sobre el fondo de 2,90x1,55 m y 20 cm de espesor.

Se presenta en la Fig. 3.5 un corte del pozo.

Se construye con un encofrado circular PERI por tramos, se empieza por el tramo de tabiques inferior, se excava, se coloca la armadura y el encofrado y se hormigona. Una vez hormigonado se procede con la excavación del tramo siguiente haciendo descender el tramo ya fraguado, luego se arma el encofrado en la posición del segundo tramo y se hormigona, así sucesivamente hasta llegar a la profundidad deseada, finalmente se arma y hormigona el fondo.

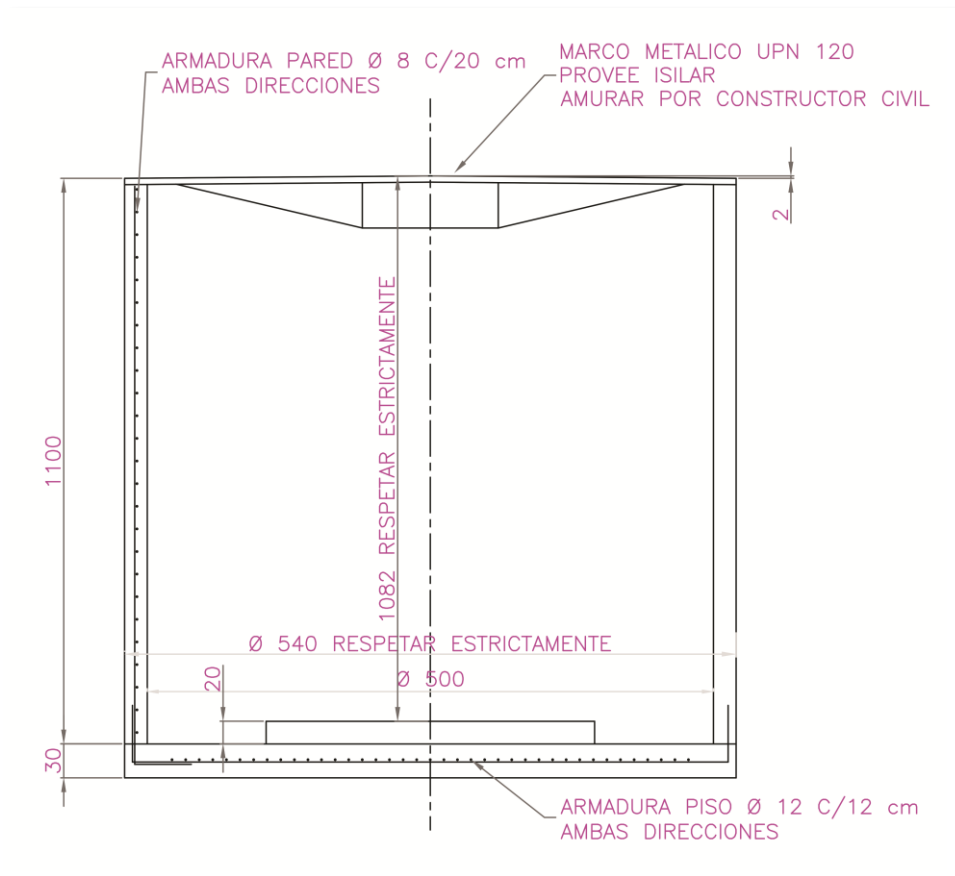


Fig. 3.5 Corte Pozo de Noria – Comitente

3.1.2.4. Tolvas de descarga y conexiones con el pozo

Las tolvas de descarga son cinco, una existente y cuatro a construir. Las tolvas son cuadradas en planta con paredes de fondo a 40° con la horizontal en dirección a la boca de conexión con el pozo para asegurar el flujo del grano por gravedad.

Las conexiones son caños de 303x4 mm encamisados en caños de 388x1,6 mm.

A continuación, en la Fig. 3.6 se ven en corte dos de las tolvas y sus conexiones con el pozo.

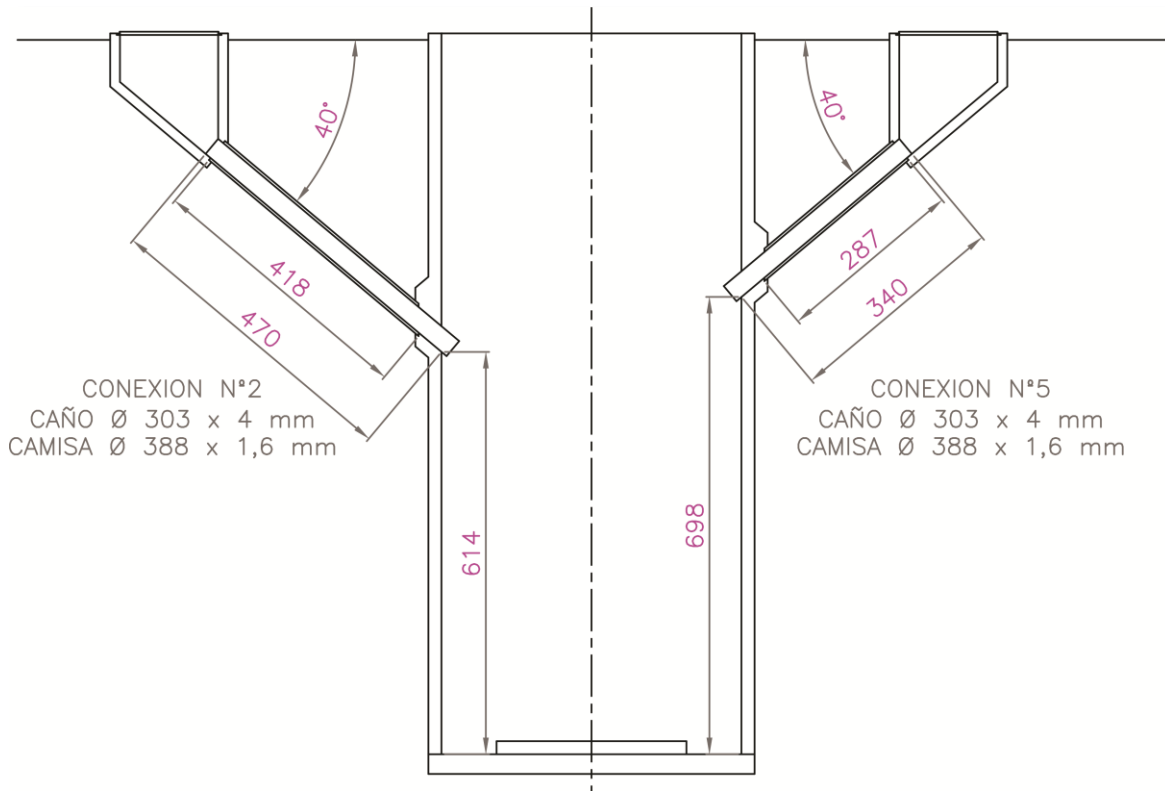


Fig. 3.6 Tolvas y Conexiones – Comitente

3.1.2.5. Veredas perimetrales y bases para el transporte y ventilación

Las veredas perimetrales no se encuentran definidas en los planos recibidos para la cotización, las bases para el transporte son siete de 70x70 cm y una de 90x70 cm, las de ventilación son seis en total, tres por silo, de 138x130 cm, en ninguno de los casos se especifica el ni espesor, ni el armado. Se propone para la cotización la superficie de vereda, de hormigón armado de 10 cm de espesor con malla de acero Q92 (Ø6 c/ 15 cm), para las bases se propone un espesor de 20 cm con doble malla Q92.

3.1.2.6. Columnas de Anclaje

Son cuatro columnas de 4 m de alto, llevan un gancho en la punta para el anclaje de los silos y las estructuras de transporte de grano. Se ubican en los vértices de un cuadrado de 60x60 m que abarca en su interior la planta de acopio. Estarán solicitadas por una fuerza hacia la zona de las estructuras, en función de esta sollicitación se arman con un frente y una espalda (resultando esta última traccionada), y se fundan, con un “muerto” de 100x100 cm y 2 m de profundidad, para resistir el vuelco generado.

En la Fig. 3.7 se muestran, en planta y corte, las dimensiones y el armado.

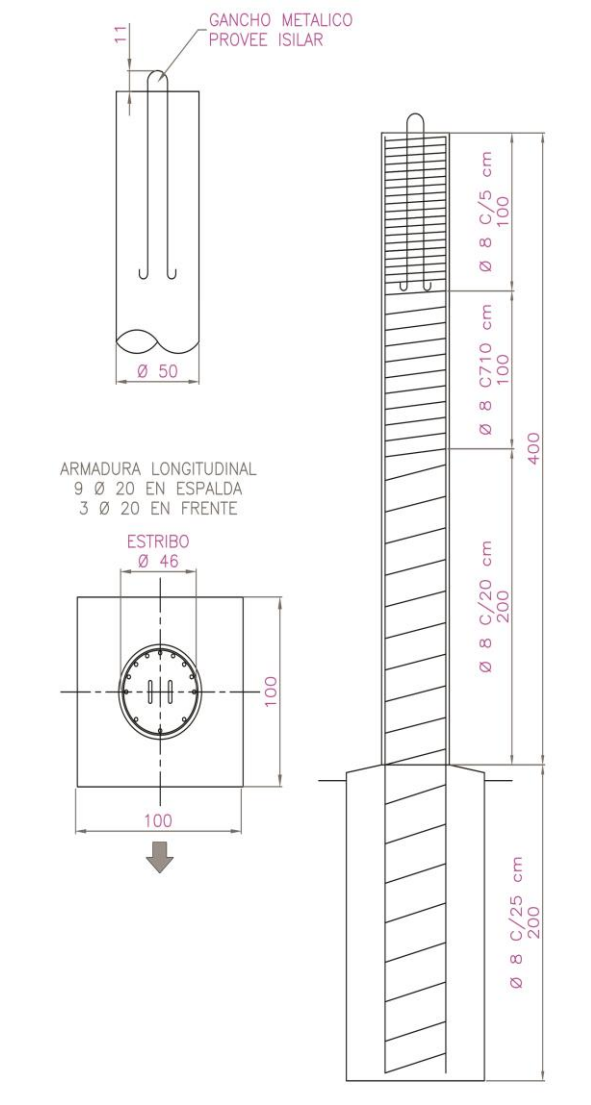


Fig. 3.7 Columnas de Anclaje - Comitente

3.1.3. Alternativa Propuesta por Arinco

Al observar la magnitud de los movimientos de suelo planteados por el comitente para la fundación de los silos, y en base a la experiencia de los integrantes de la oficina técnica, se estimó factible realizar una optimización de la solución para la fundación para los silos. Por esta razón, se solicitó al cliente las cargas a transmitir y el estudio de suelos para analizar la opción de otra alternativa de fundación.

Se vio la posibilidad de realizar la fundación mediante una hilera de pilotes bajo la viga anillo con lo que se busca disminuir los volúmenes de movimiento de suelo en gran magnitud y con ello el costo de la obra en relación a la opción recibida del comitente.

Desde el punto de vista estructural los pilotes confinan el suelo bajo el piso de silo, lo cual puede interpretarse que contribuye a la reducción de los asentamientos del fondo. Esta alternativa permite disminuir la sección de la viga anillo a 35x80 cm.

Para el resto de las obras se mantuvo la ingiería propuesta por el proyectista general, con leves modificaciones para la adaptación a los métodos constructivos, y otras derivadas de la verificación de armaduras.

Las Fig. 3.9 y Fig. 3.8 representan los cambios mencionados en las fundaciones en relación a las Fig. 3.3 y Fig. 3.4 respectivamente.

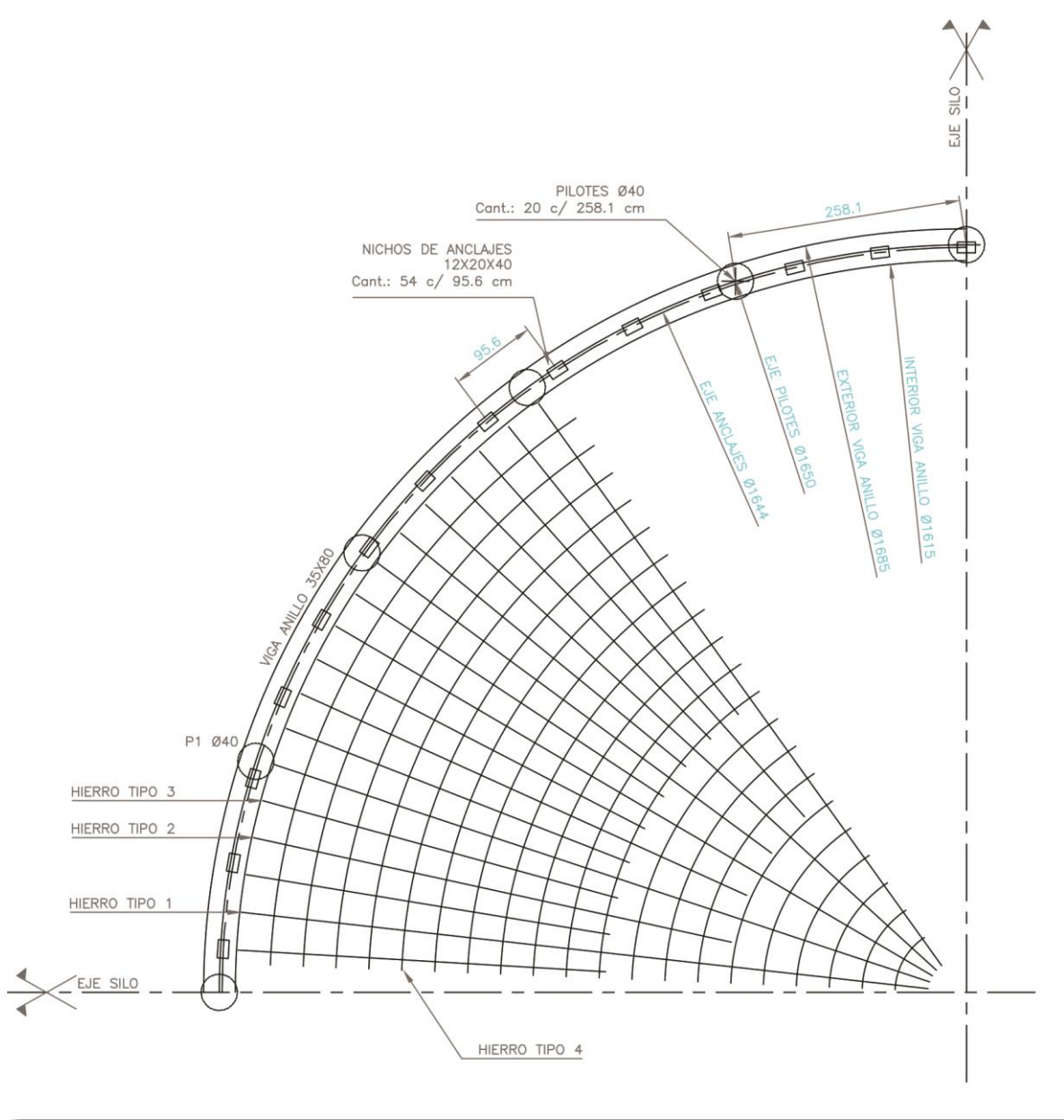


Fig. 3.8 Alternativa de Fundación Arinco - Vista en planta de fundaciones y armado de losa de fondo

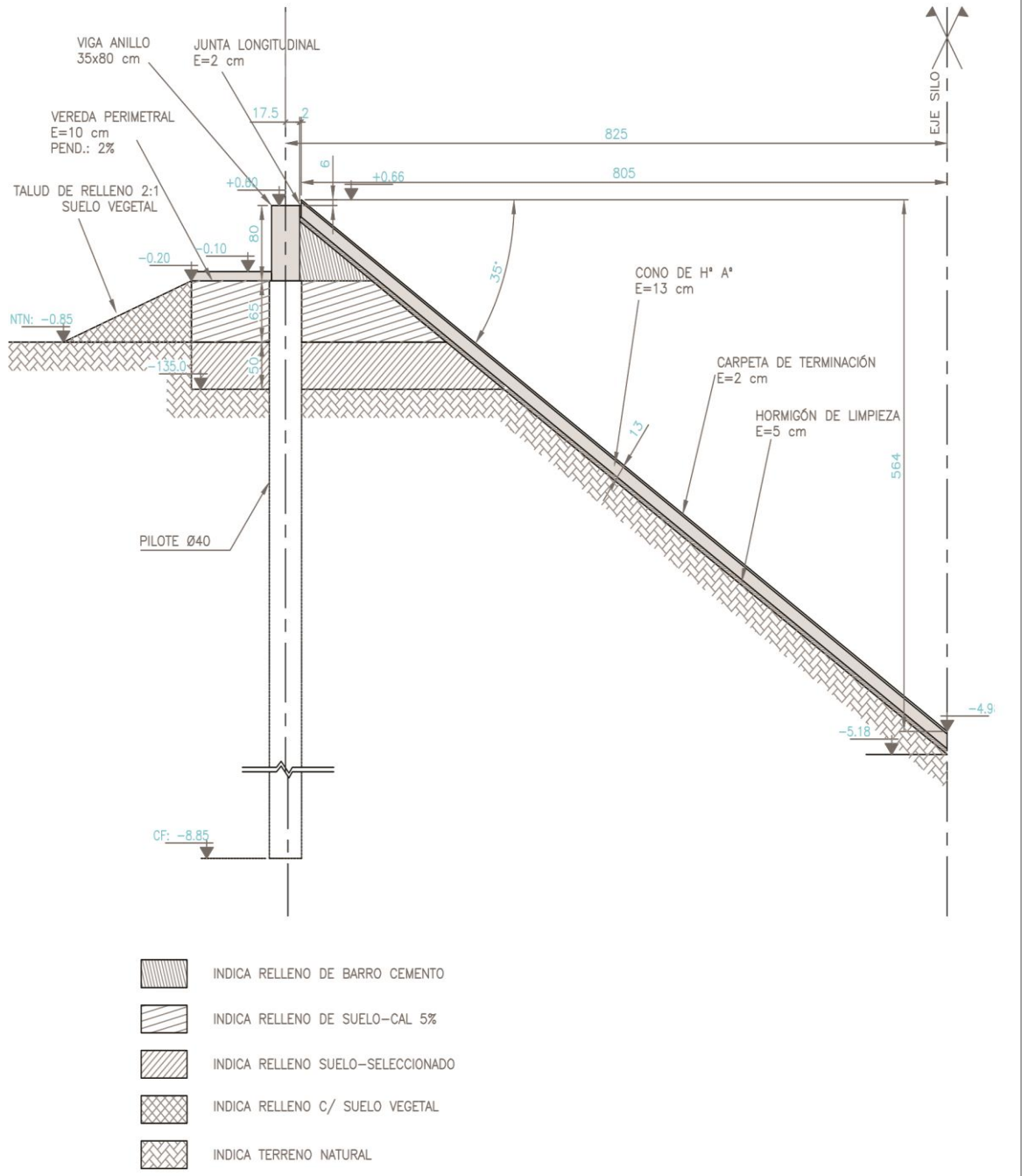


Fig. 3.9 Alternativa de Fundación Arinco – Corte

3.2. TAREAS REALIZADAS

El proyecto en la oficina técnica de Arinco se puede sintetizar en cuatro etapas, la primera es la cotización y tiene al presupuesto como entregable al cliente, la segunda surge de la adjudicación de la obra y consiste en toda la ingeniería necesaria para la realización de la

obra y tiene como entregables el presupuesto y los planos de ejecución, la tercera y cuarta hacen a la planificación y ejecución de la obra, siendo esta el entregable.

El alumno tuvo a su cargo las dos primeras etapas, siempre bajo la supervisión del responsable de la oficina técnica, y participo de las últimas etapas realizando tareas aisladas.

En la primera etapa se comenzó con el cómputo de la obra en base a lo enviado por el cliente. Luego se realizaron el pre-dimensionado de la fundación propuesta y la confección de planos de presentación, en base a estos últimos se continuó con el cómputo de esta alternativa, para finalizar esta primera etapa se ejecutaron los presupuestos de ambas alternativas y se enviaron al cliente junto con los planos.

Una vez adjudicada la obra, en la segunda etapa, se realizó el modelado de la estructura, el dimensionado final de los elementos y los planos de ejecución.

En las últimas dos etapas, que al momento de redacción de este informe se encuentran en ejecución el alumno realizó las listas de cortado y doblado de hierros necesarias y algunas revisiones a los planos

Las tareas realizadas por el alumno en el presente proyecto, se presentan por áreas con el fin de facilitar el seguimiento y evitar repeticiones en una presentación cronológica.

3.3. ANÁLISIS DE CARGA

Las principales cargas para el diseño de silos provienen de la acción de los materiales almacenados; también, se consideran cargas de equipo, viento, cargas vivas de piso y techo, cargas sísmicas, fuerzas térmicas y fuerzas aplicadas por la restricción de los elementos conectados.

Según Jiménez Salas en Geotecnia y cimientos 3:

“El empuje generado por el material ensilado en las paredes y la componente vertical del mismo que constituye la parte del peso que descarga sobre dichas paredes, es función de la densidad del granel, del ángulo de rozamiento interno de dicho material y del ángulo de rozamiento existente entre el material ensilado y la pared.”

Para el cálculo de estas componentes las teorías son numerosas, siendo las más conocidas y utilizadas las de Janssen y los hermanos Reimbert.

No avanzaremos sobre el análisis propiamente dicho de las cargas que llegan a la fundación ya que lo realiza el proveedor de los silos, y es el quien las facilita para el diseño de las fundaciones.

El análisis que se realiza a continuación tiene como finalidad el pre-dimensionado de las fundaciones y consiste en el estudio de la transmisión de las cargas y la determinación de las sollicitaciones que generan sobre los elementos que conforman la fundación y sobre el suelo.

Como se han indicado con anterioridad, las cargas máximas que competen al diseño de las fundaciones son dos, una carga lineal sobre la viga anillo y otra superficial sobre el fondo del silo.

3.3.1. Carga lineal sobre viga anillo

Es causada principalmente por la fricción del grano sobre las paredes del silo.

$$q = 22,00 \text{ tn/m}$$

Es la única carga vertical que deben resistir y transmitir al terreno la viga anillo y los pilotes.

Esta carga llega a través de las columnas del silo y se considera lineal a los fines prácticos, solicita a la viga anillo a corte y a flexión en el eje vertical por momento alrededor del eje radial de la viga. La viga ante este esfuerzo trabaja como cualquier viga estructural de un edificio, con momentos en el tramo central que traccionan las fibras inferiores y momentos por continuidad en los apoyos (pilotes) que traccionan las fibras superiores.

Peso propio lineal de viga anillo:

$$w_{va} = 0,35 \text{ m} * 0,8 \text{ m} * 2,40 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 0,68 \text{ tn/m}$$

Carga total lineal de viga anillo:

$$q_{va} = q + w_{va} = 22,00 + 0,68 = 22,68 \text{ tn/m}$$

Como se proponen 20 pilotes de 40 cm diámetro la luz de la viga es:

$$L = \frac{\pi * \emptyset}{N_{pilotes}} = \frac{\pi * 16,5 \text{ m}}{20} = 2,60 \text{ m}$$

Por la continuidad de la viga anillo se supone cada tramo doblemente empotrado, y los momentos y el esfuerzo máximo de corte resultan de las siguientes expresiones:

$$M_{apoyo} = \frac{q_{va} * L^2}{12} = \frac{22,68 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * (2,60 \text{ m})^2}{12} = 12,80 \text{ tn. m}$$

$$M_{tramo} = \frac{22,68 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * (2,60 \text{ m})^2}{24} = 6,40 \text{ tn. m}$$

$$V_{M\acute{a}x} = \frac{q_{va} * (L - \emptyset_{pilote})}{2} = \frac{22,68 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * (2,60 - 0,4) \text{ m}}{2} = 24,95 \text{ tn}$$

$$\mathbf{M_{apoyo} = 12,80 \text{ tn. m} ; M_{tramo} = 6,40 \text{ tn. m} ; V_{M\acute{a}x} = 24,95 \text{ tn}}$$

La viga anillo apoya sobre los pilotes que son los encargados de transmitir la carga al suelo. Por lo que se le debe sumar para el diseño de los pilotes el peso de la viga anillo y luego para verificar la capacidad portante del suelo el peso propio de los pilotes que dependerá de la longitud total de los mismos.

Carga vertical total a resistir por los pilotes sin el peso propio:

$$P = q_{va} * \pi * \emptyset = 22,68 \text{ tn/m} * \pi * 16,5 \text{ m}$$

$$P = 1176,0 \text{ tn}$$

3.3.2. Carga superficial de fondo

Corresponde a la capacidad máxima del material a granel a almacenar que actúa sobre el fondo cónico ejerciendo una presión vertical.

$$q_f = 9,45 \text{ tn/m}^2$$

La presión vertical se transmite por la losa de fondo del silo directamente al suelo. El apoyo directo es mejorado con el objetivo de, mejorando el módulo de deformación, disminuir los asentamientos y mejorar la capacidad de carga de los primeros estratos, proporcionando un apoyo constante al fondo cónico, la losa se diseña con cierta flexibilidad para poder absorber posibles asentamientos diferenciales del suelo, sin sufrir grandes solicitaciones.

El diseño y verificación de la losa de fondo y el mejoramiento del suelo no fue objeto de modificación en el proyecto ni tratado durante esta Práctica, por lo que no se profundizará en el tema. Sólo se recuerda que la presión vertical de fondo se transmite la losa exclusivamente, ya que la unión de esta con la viga anillo se materializa con una junta de dilatación y sin vinculaciones, por lo que los elementos son independientes entre sí.

Esta carga de fondo es de interés en este informe porque no sólo genera esta presión vertical sino que también trae aparejada una presión horizontal que generará un esfuerzo de tracción sobre la viga anillo. Esta presión se estudia como empuje en la mecánica de suelos, en este caso el empuje no es del suelo sino del material almacenado en el silo.

Recordando lo estudiado en Geotecnia II, el empuje viene dado por la presión vertical afectada por el coeficiente de presión de tierra que representa la relación entre la presión vertical y la horizontal del material, en esta condición. El coeficiente es función del ángulo de fricción del suelo y varía si la interacción estructura-suelo se mantiene en reposo, cede el suelo ante la acción de la estructura, o cede la estructura ante la acción del suelo. Estos últimos son los denominados estados Pasivo y Activo de Rankine y corresponden al equilibrio plástico del suelo, en el primer caso la presión crece a medida que el elemento estructural avanza sobre el suelo, en el segundo la presión disminuye a medida que la estructura cede y el suelo avanza sobre la misma, en ambos estados se produce la falla del suelo.

Coeficiente de empuje pasivo:

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

Coeficiente de empuje activo:

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi/2)$$

Como se puede observar en el gráfico de la Fig. 3.10 el coeficiente de empuje para el estado pasivo es mayor a uno y la falla se produce para grandes deformaciones, en cambio para el estado activo es menor que uno y el suelo falla para pequeñas deformaciones.

La movilidad y asiento del material ensilado permite calcular los empujes en estado activo. Para facilitar el cálculo se suele despreciar el rozamiento entre el material y la pared y se

calculan los empujes con las leyes de Rankine. Recordando que el empuje lo ejerce el material almacenado, siendo el ángulo de fricción del maíz del orden de los 25°, resulta:

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{25}{2}) = 0,4$$

Finalmente, para mayor seguridad, se adoptó un coeficiente $K_a = 0,5$.

Resultando la presión horizontal:

$$p_h = K_a * q_f = 0,5 * 9,45 \text{ tn/m}^2$$

$$p_h = 4,73 \text{ tn/m}^2$$

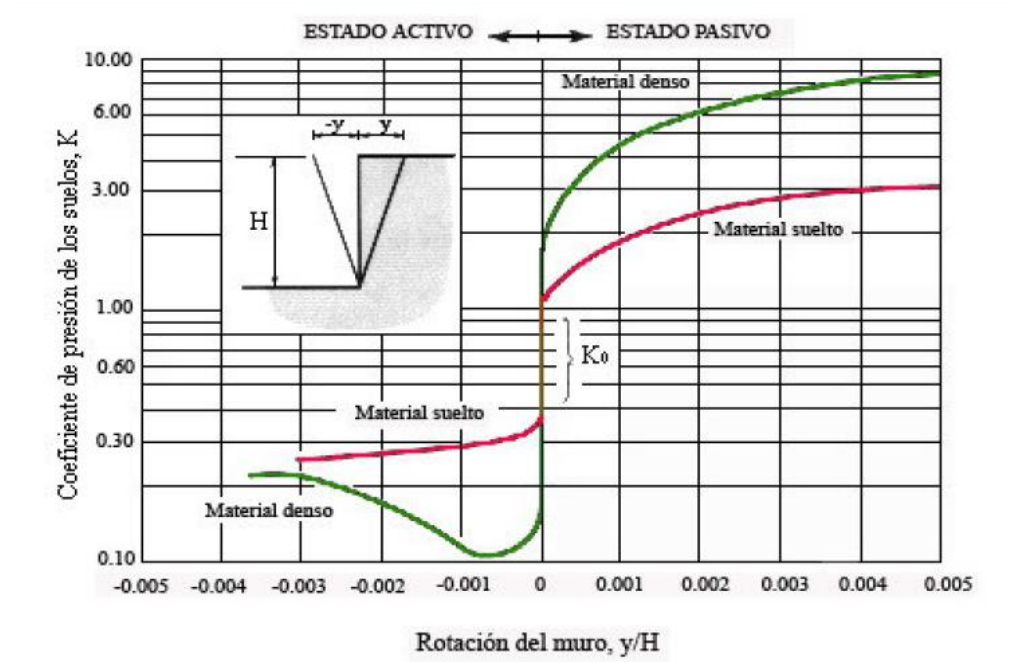


Fig. 3.10 Coeficientes de Empuje de Suelos

Se calcula la carga lineal y luego mediante la fórmula de tubos delgados representada en la Fig. 3.11 (cumpliendo la condición $r/t > 20$, siendo t el ancho de la viga y r el radio al eje de la misma) el esfuerzo normal de tracción sobre la viga anillo:

$$q_h = p_h * h = 4.73 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2} * 0.8 \text{ m} = 3,80 \text{ tn/m}$$

$$N = q_h * \frac{\phi_i}{2t} * t = 3,80 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * \frac{(16,5 - \frac{0,35}{2}) \text{ m}}{2 * 0,35 \text{ m}} * 0,35 \text{ m}$$

Donde ϕ_i es el diámetro interior de la viga anillo, h la altura y t el ancho.

$$N = 30.90 \text{ tn}$$

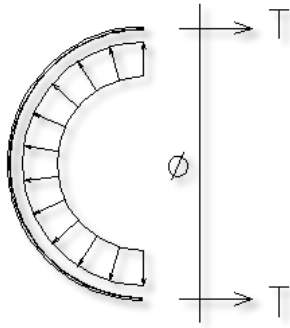


Fig. 3.11 Esquema de tracción sobre viga anillo

3.4. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS

El informe del Estudio de Suelos contiene:

- Objetivos del Informe. Simbología
- Descripción de la Metodología de Trabajo
- Croquis de Ubicación de las Perforaciones
- Clasificación de los Suelos
- Perfil Estratigráfico
- Cuadro de Cotas y Tensiones Admisibles
- Análisis de la Capacidad Portante
- Análisis de Probables Asentamientos
- Capacidad Portante de Pilotes
- Ensayos de Laboratorio
- Conclusiones

El estudio de suelos se realizó para para la ampliación de la planta de acopio y para una ampliación del criadero de cerdos, en total se realizaron diez perforaciones de las cuáles dos corresponden al sector de los silos, una en el centro de cada silo. Estas son las más profundas (16 m) ya que son las obras de mayor carga estipulada. Todas las perforaciones están referenciadas a un punto fijo de la obra existente. En las perforaciones se realizaron el Ensayo de Penetración Estándar de Terzaghi y extracciones de muestra por metro de profundidad para los posteriores ensayos en laboratorio.

A continuación se presentan extractos del estudio, en la Fig. 3.12 se observan los perfiles estratigráficos, en la Tabla 3.1 se ve un ejemplo de cálculo de la capacidad portante de

pilotes, de donde se extraen los parámetros del suelo luego utilizados, y finalmente, las conclusiones y recomendaciones para la fundación de los silos:

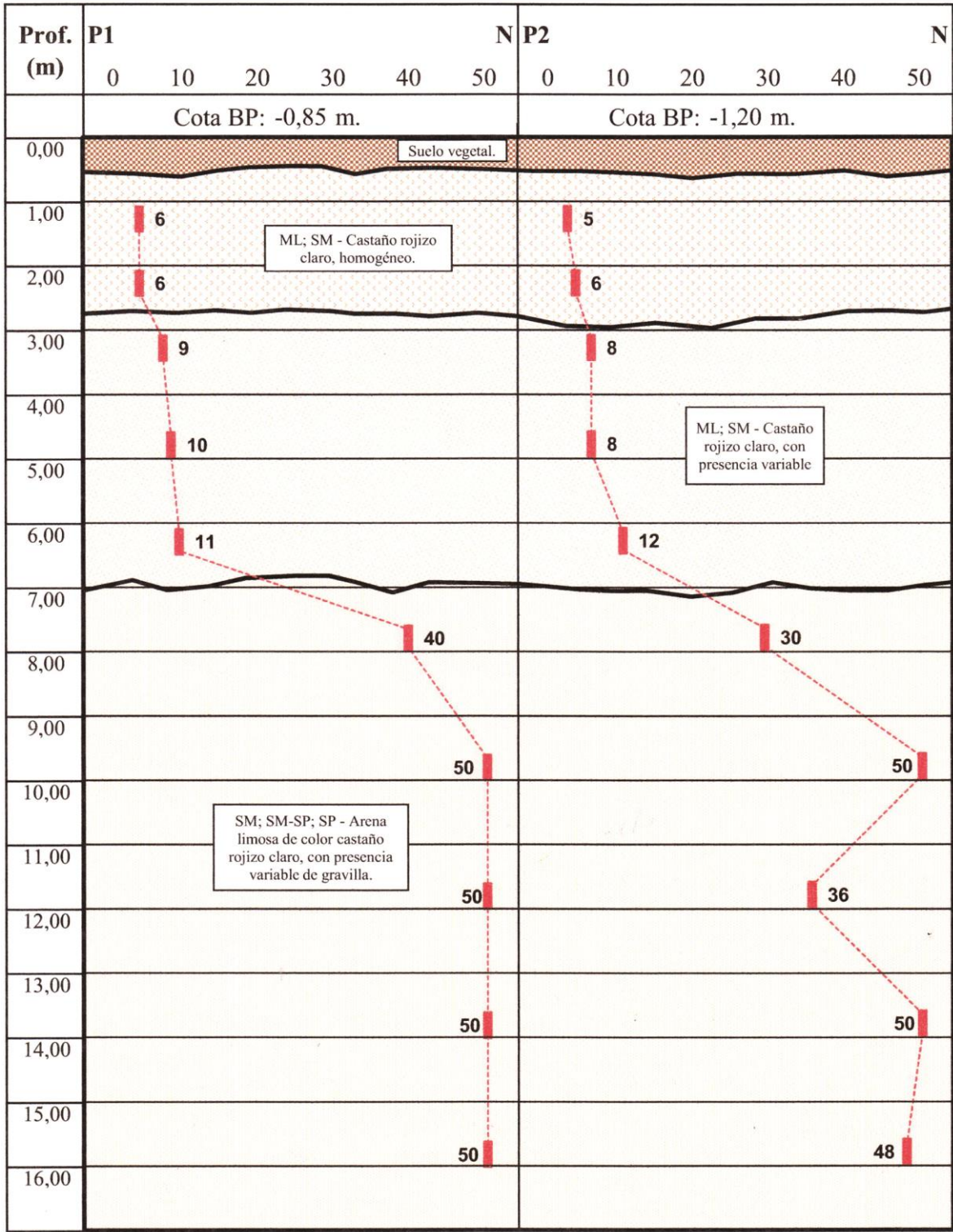


Fig. 3.12 Perfiles Estratigráficos

IX.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y DEL SUELO:

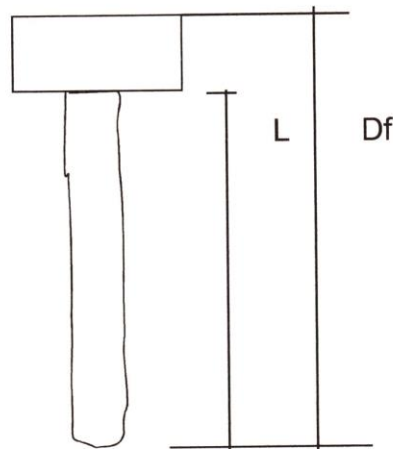
Diámetro (ϕ): 0,40 m napa de agua (CN): No Detectada Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
 Longitud (L): 7,40 m γ_s : 1,85 kg/dm³
 Cota Punta (Df): 8,00 m cabezal: 0,60 m

ESTRATO 1: de 0,60 m a 3,00 m
 $\phi 1$: 8 C1: 0,33 kg/cm²
 Longitud 1: 2,40 m

ESTRATO 2: de 3,00 m a 5,00 m
 $\phi 2$: 15 C2: 0,36 kg/cm²
 Longitud 2: 2,00 m

ESTRATO 3: de 5,00 m a 7,00 m
 $\phi 3$: 22 C3: 0,29 kg/cm²
 Longitud 3: 2,00 m

ESTRATO 4: de 7,00 m a 8,00 m
 $\phi 4$: 29 C4: 0,20 kg/cm²
 Longitud 4: 1,00 m



COEFICIENTES:

Factores de fricción:	$\phi 1$: 8	S32: 0,15	S5: 1,47
	$\phi 2$: 15	S32: 0,36	S5: 2,06
	$\phi 3$: 22	S32: 0,82	S5: 3,02
	$\phi 4$: 29	S32: 1,72	S5: 4,68
Factores de capacidad carga:	$\phi 4$: 29	Nc: 28,0	Nq: 16,0
Factor de forma y profundidad:	Df / ϕ : 20,0	ϕ / L : 0,05	sc . dc : 1,72

RESISTENCIA DE PUNTA:

$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) = 14,80 \text{ t/m}^2$
 $qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / Vp = 167,58 \text{ t/m}^2$
 $Vp = 3$

RESISTENCIA POR FRICCIÓN LATERAL:

$qf = (1/2 \cdot \gamma_s \cdot Df \cdot S32 + c' \cdot S5) / V$
 $qf 1 = 2,11 \text{ t/m}^2$
 $qf 2 = 3,63 \text{ t/m}^2$
 $qf 3 = 5,63 \text{ t/m}^2$
 $qf 4 = 8,84 \text{ t/m}^2$
 $Vf = 2,5$

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 0,40 m	Bulbo Punta $\phi =$ 0,00 m	Reducción L4 a = 1,00 m
Longitud (L): 7,40 m	Area apoyo = 0,1257 m ²	Perimetro fuste = 1,257 m ²
Cota Punta (Df): 8,00 m	Volumen pilote = 0,9299 m ³	Vol adic bulbo = 0,0000 m ³

Capacidad por punta:	$qp \cdot Area = 21,06 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E1:	$qf1 \cdot Perimetro \cdot L1 = 6,35 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E2:	$qf2 \cdot Perimetro \cdot L2 = 9,13 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E3:	$qf3 \cdot Perimetro \cdot L3 = 14,14 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E4:	$qf4 \cdot Perimetro \cdot L4 = 11,10 \text{ ton}$
Descuento Peso Propio pilote:	$Vol \cdot Pe(H^0) = -2,23 \text{ ton}$

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 59,56 toneladas

Tabla 3.1 Ejemplo de cálculo de la capacidad portante de pilotes

CONCLUSIONES

“Luego de una primera capa de suelo vegetal, se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

Un primer estrato de suelo limoso ML y en algunos sectores limo-arenoso SM, de coloración castaño rojizo claro, homogéneo, de consistencia entre medianamente compacta y compacta, que se extiende hasta una profundidad de 2,50 m a 3,00 m aproximadamente.

Le sigue un estrato de suelo limoso ML y limo-arenoso SM, de coloración castaño rojizo claro, con presencia variable de arena fina, de consistencia compacta, que alcanza una profundidad variable entre los 6,00 m y los 7,00 m.

A continuación, y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica como arena-limosa SM, SM-SP y SP, de color castaño rojizo claro, con presencia variable de gravilla, de consistencia muy compacta a dura, de compacidad densa a muy densa.

El nivel de aguas subterráneas no fue detectado en la profundidad sondeada, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados entre los meses de diciembre de 2014 y enero de 2015.”

RECOMENDACIONES

“Teniendo presente las características de los suelos encontrados y la tipología de las estructuras a fundar, se consideran aplicables las siguientes recomendaciones:

Para la fundación del piso de los silos puede optarse por una fundación superficial a través de una platea rígida utilizando los valores de tensión admisible detallados en el cuadro del punto VI, donde a partir de -0,50 m la tensión admisible es de 1,10 kg/cm² si se tiene en cuenta un coeficiente de seguridad igual a 3.

Para darle rigidez se recomienda el retiro del suelo un metro por debajo de la platea, mejorándolo con cal hidratada (3% de cal útil vial, 5% de cal hidratada comercial de buena calidad) recompactándolo en capas de 0,20 cm de espesor (de suelo esponjado) hasta una densidad no inferior al 98% de la obtenida en un ensayo Proctor T-99 de referencia.

Para el caso de la fundación de las paredes de silos se podrá emplear una zapata anular de Ho A", dimensionando su ancho en función de las cargas actuantes utilizando una tensión admisible de 0,60 kg/cm² a una profundidad comprendida entre -0,50 m y -1,00 m respecto del terreno natural. Previo a la ejecución de la zapata se escarifican 50 cm del suelo sobre el cual se apoya con un sobre ancho de también de 50 cm, se le adiciona un 5% de cal y se lo compacta por capas de no más de 20 cm de espesor con equipos vibrocompactadores hasta alcanzar una densidad superior al 100% del ensayo Proctor de referencia.

Según la estimación realizada en el Punto VIII, el asentamiento inicial de una platea de 10,00 m de diámetro será del orden de 3,5 cm si se tiene en cuenta una tensión admisible de 1,10 kg/cm² y un coeficiente de seguridad de 3. Deberá considerarse el asentamiento del piso en el proyecto de mecanizado y en las ventilaciones. Este asentamiento se reducirá si las paredes de los silos se fundan sobre pilotes debido al efecto de confinamiento que los mismos generan y si se realiza el mejorado con suelo cal por debajo del piso del silo.”

3.5. PRE-DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS

El pre-dimensionado de los elementos de la fundación, viga anillo y pilotes, se realiza con el objetivo de obtener las dimensiones para la ejecución del presupuesto de fundación.

3.5.1. Viga Anillo

Se plantea una viga de 35 x 80 cm, los 35 cm de ancho se deben a que es el mínimo para poder alojar la armadura longitudinal de los pilotes y de esta manera cumplir las función de cabezal para los mismos y la altura que antes era la necesaria para llegar a la cota de fundación se disminuye hasta la cota de fondo de la vereda.

Como se vio en el apartado 3.3 correspondiente al Análisis de Carga la viga esta solicitada a flexotracción y corte.

El reglamento CIRSOC 201/81 rige en su artículo 17.1 el dimensionado de losas y vigas sometidas a flexión compuesta. Aplica el concepto de seguridad según las deformaciones admisibles de acero y hormigón, en función de estas se limitan las zonas de trabajo del elemento.

En el pre-dimensionado se verifica que con las dimensiones propuestas la viga se encuentre en las Zonas 1 o 2 para las cuales el elemento falla debido al agotamiento del acero, y al ser este un material dúctil se podrá detectar la potencial falla debido a las fisuraciones que se generen en el hormigón. También de esta forma al dimensionar las armaduras el coeficiente de seguridad a utilizar resulta de 1,75, ya que el acero es el que falla.

En los diagramas de la Fig. 3.13 se pueden apreciar las zonas y los coeficientes de seguridad a utilizar en función de las deformaciones de los materiales, donde ϵ_b corresponde al hormigón y ϵ_s al acero.

Se utiliza una planilla de Excel que corresponde al dimensionado de vigas y aplica los requerimientos del reglamento CIRSOC 201/81, se carga el tipo de hormigón a utilizar, las dimensiones de la viga y el recubrimiento, el corte máximo y los momentos solicitantes en cada apoyo y en el tramo, la planilla calcula los coeficientes K_r (o momento reducido m_s) para cada momento, y avisa cuando se cambia de zona de trabajo.

En la Tabla 3.2 se observa la primera parte de la planilla de dimensionado de vigas, se pueden ver las deformaciones de los materiales en cada sección, apoyo izquierdo, apoyo derecho y tramo central y los coeficiente K_r en verde que explicitan la forma de trabajo de la sección en Zonas 1 o 2, este corresponde al caso de Zona 2. En el apartado 3.8

correspondiente al dimensionado de los elementos se presentará el resto de la planilla y la determinación de las armaduras.

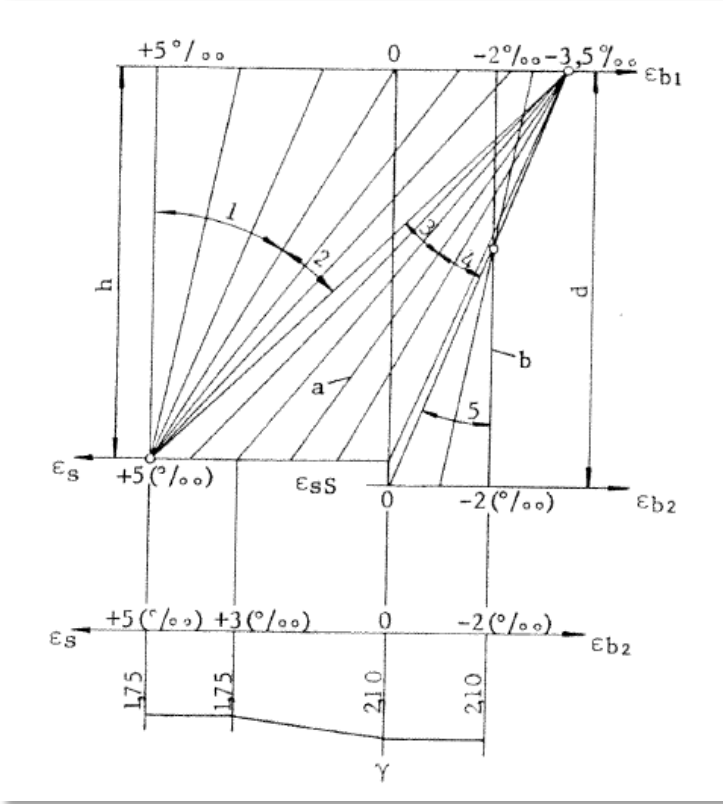


Fig. 3.13. Diagramas de Deformación y Coef. de Seguridad para los estado límites - CIRSOC 201/81

CALCULO DE VIGAS DE HºAº SEGÚN CIRSOC 201/81								Proyecto: ACA YANQUETRUZ							
Propiedades de Materiales															
Hormigon a Utilizar				H-21				Acero Utilizar				ADN-420			
				$\beta r = 1750$ [t/m ²]								$\beta s = 4,2$ [t/cm ²]			
				$\tau_{012} = 50$ [t/m ²]											
				$\tau_{02} = 180$ [t/m ²]											
				$\tau_{03} = 300$ [t/m ²]											
Datos Generales															
Recubrimiento Tipico (r) = 0,05 [m]															
ELEM.	GEOMETRIA				M-(Grav+Sob+Viento)			h	kr	kr	ξ_s %	ξ_b %	kr	ξ_s %	ξ_b %
	L	Ac	B	D	Mi	Mvd	Mtramo								
Viga Anillo	2,6	0,35	0,35	0,80	12,80	12,80	6,40	0,75	0,07	0,07	5,00	0,95	0,03	5,00	0,56

Tabla 3.2 Pre-Dimensionado de Vigas s/ CIRSOC 201/81

3.5.2. Pilotes

El pre-dimensionado de los pilotes se realiza con planillas propias de la empresa, en la misma se cargan los parámetros del suelo y se condiciona la planilla en función de la carga solicitante a compresión, las diferentes alternativa de carga surgen en función de la cantidad de pilotes, luego en función de la carga se obtiene el diámetro y longitud de los mismos.

En general estas variables, cantidad, diámetro y longitud de pilotes, se encuentran limitadas por diferentes factores como los recursos propios de la empresa, ciertas características de la súper-estructura, y obviamente las cargas solicitantes y las características del suelo.

La cantidad de pilotes se suele proponer en función de las columnas del silo, un pilote cada dos columnas, en este caso las columnas son 54 pero se plantean 20 pilotes por lo que la capacidad requerida sin tener en cuenta el peso propio resulta:

$$N_c = \frac{P}{20} = \frac{1176 \text{ tn}}{20} = 58,8 \text{ tn}$$

Por otro lado se propone un diámetro de 40 cm con el fin de usar la viga anillo como cabezal para los mismos.

En este caso definidos estos dos parámetros sólo resta determinar la longitud.

Como se ha estudiado en el transcurso de la carrera en los cursos de Geotecnia II y III la capacidad portante de los pilotes vendrá dada por la capacidad de punta más la capacidad del fuste menos el peso propio del pilote. La capacidad de punta será función de la superficie de apoyo y la resistencia de punta del estrato donde apoye el pilote, mientras que la de fuste será función de la superficie perimetral y la resistencia lateral de cada estrato que atraviese el pilote. La determinación de estas resistencias se realizó en la Tabla 3.1, extraída del estudio de suelos, donde se aplicaron coeficientes de seguridad de 3,0 para la resistencia de punta y 2,5 para la friccional.

Las resistencias se tomaron de ejemplos de cálculo de la capacidad portante realizados en el estudio de suelo ya que los mismos se realizan para un pilote de 40 cm de diámetro.

En la Tabla 3.3 observamos la planilla con los resultados finales del pre-dimensionado de los pilotes. Se puede observar que en la parte superior izquierda se inserta la carga total a soportar y la cantidad de pilotes, como se vio de la relación de estos valores surge la capacidad requerida por pilote. En el cuerpo principal de la tabla se cargan la resistencia de punta del estrato de apoyo y las resistencias friccionales y longitudes de los estratos que atraviesa el pilote, nótese que de la suma estas longitudes resulta la longitud final del pilote.

Vale aclarar que el primer estrato cargado en la planilla corresponde al relleno planteado y se desprecia su resistencia a fricción lateral. En la parte inferior se carga el diámetro del fuste y de la base (en este caso son iguales ya que no existe ensanche en la base), el peso propio lo calcula la planilla en función de estos valores y la longitud total.

La planilla realiza la verificación:

$$N_{Total} > N_T$$

Donde “**Ntotal**” es la capacidad total, resultado de la suma de la capacidad de punta más las capacidades friccionales de cada estrato:

$$N_{Total} = N_{Punta} + N_{Fricc}$$

Y “NT” es la solicitación total a compresión, suma de la capacidad requerida a compresión más el peso propio del pilote:

$$N_T = N_C + N_{PP}$$

CÁLCULO DE PILOTES P1-SILOS ISILAR									
Obra:	ACA-YANQUETRUZ								
PARAMETROS DE CÁLCULO									
Capacidad requerida	58,80	Tn	(compresión)			Q anillo=	1176 tn		
Capacidad requerida	0,00	Tn	(tracción)			N pil =	20		
Momento requerido	0,00	Tn.m							
Parametros del suelo									
	Punta	167,58	(t/m ²)						
Estrato 1	Fricción	0,00	(t/m ²)	h=	1,15	m			
Estrato 2	Fricción	2,11	(t/m ²)	h=	2,50	m			
Estrato 3	Fricción	3,63	(t/m ²)	h=	2,00	m			
Estrato 4	Fricción	5,63	(t/m ²)	h=	2,00	m			
Estrato 5	Fricción	8,84	(t/m ²)	h=	1,00	m			
Estrato 6	Fricción		(t/m ²)	h=	0,00	m			
Estrato 7	Fricción		(t/m ²)	h=	0,00	m			
Estrato 8	Fricción		(t/m ²)	h=	0,00	m			
				h(Total)	8,65	m			
Compresión									
POZO	NC	NPP	NT	Dp	Diametro	Nfricc	Npunta	Ntotal	Verificacion
	[t]	[t]	[t]	[m]	Punta	[t]	[t]	[t]	
P1-Silos 2900tn	58,80	2,61	61,4	0,40	0,40	41,01	21,06	62,07	OK

Tabla 3.3 Cálculo Capacidad Portante de Pilotes

En un principio en la capacidad de punta se carga la correspondiente al estrato donde uno estima debe apoyar el pilote para lograr la capacidad requerida, y se tantea con la longitud de este último, siempre penetrando en el estrato una longitud mayor a dos diámetros según la recomendación del estudio de suelos. En caso de cambiar de estrato de apoyo se debe actualizar la resistencia de punta.

Finalmente la longitud necesaria para fundar cada silo por medio de una hilera de 20 pilotes de 40 cm de diámetro y sin ensanche es de 8,65 m.

3.6. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Previo a la descripción de las tareas se citan fragmentos de “Cómputo y Presupuestos” de Mario Chandías con el fin de plantear los conceptos básicos:

El Cómputo:

“Se trata de un problema de medición de longitudes, áreas y volúmenes, que requiere el manejo de fórmulas geométricas y planteos aritméticos, por lo común sencillos y del dominio general. Computar es entonces, medir y comparar.

No obstante la simplicidad de sus métodos y fundamentos, el cómputo métrico supone el conocimiento de los procedimientos constructivos de la obra, y su éxito depende, en gran medida, de una experiencia sólida y una actitud vigilante en el trabajo.

El trabajo se divide por etapas, cada una de las cuales constituye un rubro del presupuesto. Esta clasificación por ítem, debe ser hecha con el criterio de separar todas las partes que sean susceptibles de costo distinto, lo cual no sólo facilita la formación del presupuesto y de la lista indicativa de los trabajos por ejecutar, sino que además, es una documentación de obra.”

El Presupuesto:

“el cálculo anticipado del costo de una obra, o de una de sus partes”

Métodos para obtener los presupuestos:

Por Analogía:

“Este método tiene fundamentos muy simples. Se basa en el hecho cierto de que dos obras semejantes por su función y sus características técnicas, deben tener un costo proporcionado a su magnitud, porque la unidad de edificación tendrá el mismo valor para ambas.”

Por Equivalencia: define un segundo método que sintetizando consiste en expresar todos los rubros por su equivalencia a uno que se toma de base.

Por Análisis de Precios:

“En aquellos casos en que el presupuesto significa el compromiso de la ejecución -por ejemplo en los concursos de precios y contrataciones-, es necesario determinar el costo con la máxima aproximación. Los métodos de los apartados anteriores son insuficientes, y la estimación debe hacerse descomponiendo el costo en sus partes elementales.”

Y finalmente aclara:

“Estos tres sistemas no sólo no se excluyen, sino que más bien se complementan. Los dos primeros valen en la medida en que hayan sido correctamente derivados del tercero, pero con respecto a otra obra referencial, siendo luego a su vez, posteriormente, un seguro contralor del tercero propio.”

Los presupuestos en Arinco se realizan por una combinación de los métodos de analogía y análisis de precio definidos por Chandías, aunque en si se realizan por análisis de precios,

muchos de los ítems se basan en obras similares y se verifica la magnitud de los precios con los obtenidos en obras de la misma naturaleza.

En este caso se realizan dos presupuestos, uno correspondiente a la obra original recibida del comitente y otro a la alternativa propuesta por Arinco, al primero lo llamaremos Opción Zapata y al segundo Opción Pilotes. Cada presupuesto se denomina “Ampliación de Silos” y se desagrega en dos rubros principales, “Movimiento de Suelos” y “Hormigón Armado” y luego en sub-rubros donde finalmente se definen las “Tareas”. En la Tabla 3.4 se presentan el presupuesto a costo parcial directo de la opción pilotes, los sub-rubros desagregados en tareas son los que se mantienen iguales a la opción Zapata, como se puede apreciar de esta manera se diferencian claramente los precios por cada tarea, sub-rubro, rubro, y por la obra en su totalidad.

Orden	Descripción	UD	Cantidad	Info	P.U.	Importe
1	AMPLIACION SILOS					\$ 1,959,504.57
1.1	Movimiento de Suelo					\$ 425,610.33
1.1.1	Excavaciones					\$ 76,935.85
1.1.2	Rellenos					\$ 228,611.25
1.1.3	Camineria					\$ 120,063.22
1.2	Hormigon Armado					\$ 1,533,894.24
1.2.1	Fundacion Silos (2ud)					\$ 762,297.86
1.2.2	Foso de Noria (1ud)					\$ 571,623.10
1.2.2.1	Excavacion de pozo de noria hasta cota -5m	M3	114.5100	i	\$ 489.67	\$ 56,071.54
1.2.2.2	Excavacion de pozo de noria desde cota -5m hasta cota -11m	M3	137.4100	i	\$ 771.10	\$ 105,956.85
1.2.2.3	Piso Foso de Noria (e=30cm) HºAº H-21 (80kg/m3)	M3	6.8700	i	\$ 2,885.19	\$ 19,821.29
1.2.2.4	Tabique Foso de Noria (e=20cm) HºAº H-21 (60kg/m3)	M3	35.9400	i	\$ 10,603.64	\$ 381,094.85
1.2.2.5	Pedestal HºAº (50 Kg/m3)	M3	0.9000	i	\$ 4,216.09	\$ 3,794.48
1.2.2.6	Colocacion de Aro Perimetral Perfil L 2"x3/16"	GL	1.0000	i	\$ 1,878.50	\$ 1,878.50
1.2.2.7	Colocacion Marco Metalico Perfil UPN120	GL	1.0000	i	\$ 3,005.60	\$ 3,005.60
1.2.3	Columnas de Anclaje (4ud)					\$ 48,525.51
1.2.3.1	Base Aislada (1.00x1.00x2.00m) HºAº H-21 (50 Kg/m3)	M3	8.0000	i	\$ 3,416.13	\$ 27,329.02
1.2.3.2	Pilares Diam. 50cm (h=4.0m) HºAº H-21 (185kg/m3)	M3	3.1400	i	\$ 6,750.48	\$ 21,196.50
1.2.4	Tolvas					\$ 45,714.37
1.2.4.1	Tolva HºAº H-21 (80kg/m3)	M3	6.0300	i	\$ 6,091.45	\$ 36,731.41
1.2.4.2	Colocacion de caño de Vinculacion de Tolva a Noria	ML	21.1500	i	\$ 424.73	\$ 8,982.96
1.2.5	Bases para Transportes (9ud)					\$ 7,549.64
1.2.5.1	Dado HºAº H-21 (50 Kg/m3)	M3	2.2100	i	\$ 3,416.13	\$ 7,549.64
1.2.6	Veredas					\$ 98,183.75
1.2.6.1	Veredas (e=10cm) HºAº H-17 c/aserrado y tomado de juntas	M2	376.0000	i	\$ 261.13	\$ 98,183.75

Tabla 3.4 Presupuesto desagregado Opción Pilotes - Data Obra

Cada tarea tiene su unidad de medida y precio unitario y es en ellas donde se cargan las cantidades resultantes del cómputo. Por ende pensando en ellas se debe hacer el cómputo.

Los cálculos se deben realizar a conciencia, siempre pensando en la forma en que se ejecutan las obras y en todo lo necesario para las mismas. La planilla de Excel donde se realiza debe tener explícitos los cálculos y en caso de basarse en un archivo “.cad” el mismo debe guardarse junto con la planilla. Estas consideraciones son necesarias para luego, en caso de revisiones o alguna modificación, sea posible seguir el cómputo y modificarlo sin mayores problemas.

El análisis de precio de una tarea se determina por el método de descomposición, según el cual el precio final de una obra se forma como lo muestra la Tabla 3.5, proporcionada por la Cátedra de Proyecto, Dirección y Valuación de Obras durante su dictado.

Una forma de aplicar el método de descomposición consiste en estudiar cada tarea por separado y obtener el precio unitario de la misma correspondiente al costo parcial directo, luego a través de un coeficiente de pase se obtiene el precio final. El coeficiente de pase es propio de cada obra y tiene en cuenta los gastos generales, la utilidad, los costos financieros e imprevistos y los impuestos correspondientes.

1	Materiales	
2	Mano de Obra	
3	Equipos	
4	COSTO PARCIAL (DIRECTO)	1 + 2 + 3
5	Gastos Generales de Obra	
6	Gastos Generales de Empresa	
7	COSTO TOTAL	4 + 5 + 6
8	Utilidad	
9	Costos Financieros	
10	PRECIO SIN IMPUESTOS	7 + 8 + 9
11	Impuestos	
12	PRECIO CON IMPUESTOS	10 + 11

Tabla 3.5 Determinación del Precio por el método de descomposición

En Arinco el presupuesto se ejecuta con el software “Data Obra”, el mismo cuenta con una base de datos en la que se han ido cargando las tareas presupuestadas en todas las obras de la empresa.

En el software cada “Tarea” viene definida por los “Insumos” que se usan para su realización, estos se dividen en familias: “Mano de Obra”, “Equipos”, “Subcontratos”, “Materiales” y “Otros”. Es en los insumos donde se cargan los rendimientos y precios. En las Tabla 3.6 y Tabla 3.7 se presenta a, modo de ejemplo, los análisis de precio de los pilotes y de los tabiques del foso de noria mediante los cuales se obtiene el precio unitario de estas tareas, en el caso de los pilotes la unidad es el pilote en sí y en el caso de los tabiques la unidad es el metro cúbico.

1.2.1.1 PIEL4012 - Pilotes D=40 L=9.00m						\$ 7,975.88
Código	Descripción	UD.	Cant. Unit.	P.U.	Importe Unit.	
Mano de Obra						\$ 737.53
000106	OFICIAL ARMADOR	HS	3.1000	\$ 101.63	\$ 315.05	
000114	AYUDANTE	HS	2.8000	\$ 86.22	\$ 241.42	
200901	AYUDANTE ARMADOR	HS	2.1000	\$ 86.22	\$ 181.06	
Equipos						\$ 850.00
MVI014	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS CAT 320 D	HS	1.0000	\$ 850.00	\$ 850.00	
Materiales						\$ 2,203.35
001200	ALAMBRE NEGRO NO 16	KG	0.7000	\$ 20.00	\$ 14.00	
HIADN420GEN	HIERRO CONSTRUCCION GENERICO	KG	50.0000	\$ 10.00	\$ 500.00	
HOH211618	HORMIGON H=21 AS=16-18	M3	1.4690	\$ 1,150.00	\$ 1,689.35	
Otros						\$ 585.00
208286	AMORT GASTOS MOV EQUIPOS(PILOTERA)	ML	9.0000	\$ 65.00	\$ 585.00	
Subcontratos						\$ 3,600.00
EXCL5012	EXCAVACION C/LODO D=40CM L=12M	ML	9.0000	\$ 400.00	\$ 3,600.00	

Tabla 3.6 Análisis Pilotes – Data Obra

1.2.2.4 253150 - Tabique Foso de Noria (e=20cm) H°A° H-21 (60kg/m3)					\$ 10,603.64
Código	Descripción	UD.	Cant. Unit.	P.U.	Importe Unit.
Mano de Obra					\$ 3,582.41
000103	OFICIAL CARPINTERO	HS	6.7379	\$ 101.63	\$ 684.77
000106	OFICIAL ARMADOR	HS	7.7200	\$ 101.63	\$ 784.58
200657	OFICIAL HORMIGON	HS	0.6400	\$ 101.63	\$ 65.04
200658	OFICIAL ENCOFRADOR	HS	5.4300	\$ 101.63	\$ 551.85
200659	AYUDANTE ENCOFRADOR	HS	5.6300	\$ 86.22	\$ 485.42
200660	AYUDANTE HORMIGON	HS	2.3700	\$ 86.22	\$ 204.34
200901	AYUDANTE ARMADOR	HS	6.3100	\$ 86.22	\$ 544.05
206314	AYUDANTE	HS	3.0429	\$ 86.22	\$ 262.36
Equipos					\$ 2,550.00
MVI014	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS CAT 320 D	HS	3.0000	\$ 850.00	\$ 2,550.00
Materiales					\$ 2,321.23
001200	ALAMBRE NEGRO NO 16	KG	0.6650	\$ 20.00	\$ 13.30
001221	CLAVOS DE 2 1/2	KG	1.9127	\$ 18.00	\$ 34.43
253294	FENOLICO ENCHAPADO	M2	2.0000	\$ 208.00	\$ 416.00
331318	ZUNCHO HIERRO ADN420 DIAM. 16MM	KG	5.0000	\$ 10.00	\$ 50.00
HIADN420GEN	HIERRO CONSTRUCCION GENERICO	KG	60.0000	\$ 10.00	\$ 600.00
HOH211012	HORMIGÓN H=21 AS=10-12	M3	1.0500	\$ 1,150.00	\$ 1,207.50
Subcontratos					\$ 2,150.00
253701	ALQUILER ENCOFRADO PERI Y ARMADO EN TALLER	M3	1.0000	\$ 2,150.00	\$ 2,150.00

Tabla 3.7 Análisis Tabique foso de noria – Data Obra

Para la realización del presupuesto al ya encontrarse cargadas las tareas lo que se hace es buscar el presupuesto de una obra similar y en base a este se arma el propio, con los rubros y tareas correspondientes. Una vez armado se procede a cargar los resultados del cómputo, luego se controlan y actualizan (en caso de ser necesario) los precios y rendimientos de los insumos. Finalmente, para la obtención del precio final se debe determinar el coeficiente de pase.

El coeficiente de pase es la relación del precio final con el costo parcial directo (o costos directos variables), el precio final se obtienen con la aplicación de porcentajes que se corresponden con:

- Gastos generales de obra o costos directos fijos(GD)
- Gastos generales de empresa o costos indirectos más imprevistos (GI+I)
- Utilidad o Beneficios (B)
- Impuestos (Imp)

Los gastos generales de obra o directos fijos se determinan mediante una planilla de Excel que se compone por check lists, en estas se detallan todos los posibles gastos y en función de la experiencia con obras similares y lo que se estima de la obra en cuestión, se completa la planilla y se obtiene un monto total con el cuál se determina el porcentaje aproximado al que equivale del costo parcial directo.

La Tabla 3.8 es el resumen de esta planilla con la determinación de los gastos generales que resultan aproximadamente \$ 400.000, el orden de magnitud de los costos parciales directos es de \$ 2.200.000, de la relación de estos valores se obtiene el porcentaje de costos directos fijos:

$$GD = \frac{400.000}{2.200.000} \cong 18\%$$

A Checklist Directos Fijos que dependen del Plazo de Obra		355650
1	Dirección, Conducción y Administración de Obra	57000
2	Servicios	1000
3	Gastos Operativos Caja Chica	800
4	Movilidad y Estadías	0
5	Costos de Móviles asignados a la Obra (Patentes, Seguros, Amortización, Combustibles y Lubricantes, Repuestos y Reparaciones)	23000
6	Personal	18600
7	Alquileres Mensuales de Equipos	18150
	(a) Total Mensual (1) a (7)	118550
	(b) Número de Meses Estimado	3
	Total (a) x (b)	355650
B Checklist Directos Fijos independientes del Plazo de Obra		55915
Amortizables		
8	Infraestructura (Solo los materiales teniendo en cuenta su reaprovechamiento y los equipos propios teniendo en cuenta su amortización)	17125
9	Equipos Obrero (Equipos Propios cuya amortización no haya sido tenida en cuenta dentro de los Análisis de Costos)	7140
10	Herramientas Obrero (Se amortizan por obra y no por tiempo)	0
	Total Amortizaciones (8) a (10)	24265
Consumibles		
11	Infraestructura no reutilizables	0
12	Mano de Obra, Subcontratos Globales, Alquileres Diarios	0
13	Fletes	26250
14	Elementos para el Personal Obrero	0
15	Elementos de Seguridad	0
16	Estudios y Ensayos	0
17	Asesoramientos	0
18	Sellados, Seguros, Multas, Derechos, Garantías	5400
19	Varios	0
	Total No Amortizables(10) a (19)	31650
Total Costos Directos Fijos (A + B)		411565

Tabla 3.8 Gastos Generales de Obra o Costos Directos Fijos

Los gastos generales de empresa o costos indirectos corresponden a aquellos que existen aunque no exista la obra y están asociados principalmente a los gastos de la oficina central, taller y depósito. Una o dos veces al año se determina el porcentaje desde el área contable, este se aplica al costo directo de obra (el costo parcial directo más los gastos generales de obra) y puede variar ya que es en este porcentaje donde se tiene en cuenta los imprevistos.

El porcentaje gastos indirectos o de empresa utilizado es:

$$GI + I = 10\%$$

La utilidad o beneficio depende de la confianza que se tiene para la obtención de la obra, o sea del conocimiento por experiencia del nivel de la oferta propia en relación a la de la competencia que se puede tener en el concurso de precios. En este caso, en función de la disminución del precio con la opción de pilotes, se obtiene cierto margen para aumentar este porcentaje:

$$B = 17,4\%$$

Finalmente, el porcentaje de impuesto depende de la provincia de emplazamiento, en este caso para San Luis corresponde:

$$Imp = 5,5\%$$

En la Fig. 3.14 se muestra que cargando los porcentajes en orden de aplicación el software determina los costos totales correspondientes a cada uno y finalmente el coeficiente de pase. Se habla de un orden de aplicación ya que cada porcentaje se aplica sobre el subtotal obtenido.

$$CDT = CPD * GD$$

$$CT = CDT * (GI + I)$$

$$P_{sin impuestos} = CT * B$$

$$P_{Final} = P_{sin impuestos} * Imp$$

Siendo CPD el costo parcial directo, CDT el costo directo total, CT el costo total, y P precio.

Finalmente:

$$Coef. de pase = \frac{P_{Final}}{CPD}$$

Coeficientes Venta/Final		
Costo Directo		1,959,504.57
Nombre	Importe	%
1 GD	352,710.8226	18.0000
2 GI+I	231,221.5393	10.0000
3 Beneficios	442,558.0262	17.4000
4 Impuestos	164,229.7227	5.5000
Total		3,150,224.6808
Coef. de pase		1.60766386005418

Fig. 3.14 Coeficiente de Pase Opción Pilotes – Data Obra

3.6.1. Análisis de los resultados

La Tabla 3.9 muestra la comparación de los presupuestos obtenidos en precio final, claramente la opción por pilotes es la más barata, la diferencia en el precio total es de poco más de \$ 500.000 lo que representa alrededor del 15% del total. Esta diferencia en el precio, sumado a los beneficios estructurales de la fundación por pilotes llevó a la adjudicación de la obra.

Los sub-rubros excavaciones (1.1.1), rellenos (1.1.2) y fundación de silos (1.2.1) son los que difieren en su costo parcial directo, siendo en el resto exactamente el mismo que se observa en la Tabla 3.4, en la comparación son distintos debido a que cada opción tiene un coeficiente de pase distinto.

Orden	Descripción	Unidad	Cant	Prec. Final	Opción Pilotes		Opción Zapata	
					Impt. Final	%	Impt. Final	%
1	AMPLIACION SILOS							
1.1	Movimiento de Suelo				\$ 695.382,99	22%	\$ 1.563.060,11	43%
1.1.1	Excavaciones				\$ 125.701,57	4%	\$ 274.855,06	8%
1.1.2	Rellenos				\$ 373.516,26	12%	\$ 1.102.567,41	30%
1.1.3	Camineria				\$ 196.165,17	6%	\$ 185.637,65	5%
1.2	Hormigon Armado				\$ 2.454.617,01	78%	\$ 2.101.234,51	57%
1.2.1	Fundacion Silos (2ud)				\$ 1.193.354,03	38%	\$ 908.218,58	25%
1.2.2	Foso de Noria (1ud)				\$ 933.945,81	30%	\$ 933.945,81	25%
1.2.3	Columnas de Anclaje (4ud)				\$ 79.283,36	3%	\$ 75.028,49	2%
1.2.4	Tolvas				\$ 74.690,38	2%	\$ 70.682,00	2%
1.2.5	Bases para Transportes (9ud)				\$ 12.334,97	0%	\$ 11.673,00	0%
1.2.6	Veredas				\$ 161.008,46	5%	\$ 151.808,36	4%
Total Presupuesto					\$ 3.150.000,00	100%	\$ 3.664.294,63	100%

Tabla 3.9 Comparación de presupuestos a precio final

Como se puede observar el importe de Movimiento de Suelos (1.1) en la opción zapata es más del doble que el correspondiente a la opción pilotes, también se observa que el sub-rubro Fundación de Silos (1.2.1) resulta más barato para la zapata pero en mucha menor magnitud.

A cotinuación en las Tabla 3.10 y Tabla 3.11 extraídas del software Data Obra se ven las tareas con las cantidades que conforman el sub-rubro Excavaciones (1.1.1) y en las Tabla 3.12 y Tabla 3.13 el sub-rubro Rellenos (1.1.2) para cada opción.

Las diferencias de precio en la opción zapata surgen de la excavación de una capa de 2,5 metros de cajón que en volumen de excavación son 2794 m³ (Tarea 1.1.1.3-Tabla 3.11) inexistente en la fundación por pilotes, luego en Rellenos esto se traduce en un aumento en el volumen de relleno de suelo-cal (Tarea 1.1.2.1-Tabla 3.13/Tabla 3.12) más el agregado de relleno de suelo-cemento (Tarea 1.1.2.2 - Tabla 3.13). En total estas diferencias entre las opciones hacen una diferencia de aproximadamente \$565.000 de costo parcial directo donde el monto más representativo es el aumento en el volumen de relleno suelo-cal debido a su magnitud y precio unitario llegando a la diferencia de alrededor de \$400.000.

1.1.1 Excavaciones					\$ 76,935.85	\$ 123,686.99		
1.1.1.1	Excavacion de Suelo Vegetal (e=50cm) (500m3/dia)	M3	440.0000	i	\$ 43.50	\$ 19,140.00	\$ 69.93	\$ 30,770.69
1.1.1.2	Transporte de Suelo Vegetal (1km)	M3	528.0000	i	\$ 34.50	\$ 18,216.00	\$ 55.46	\$ 29,285.20
1.1.1.3	Excavacion de Cono de Silos	M3	228.5500	i	\$ 102.24	\$ 23,367.87	\$ 164.37	\$ 37,567.67
1.1.1.4	Excavacion Manual de Bases	M3	8.0000	i	\$ 301.77	\$ 2,414.16	\$ 485.14	\$ 3,881.16
1.1.1.5	Excavacion Manual de Tolvas y Caños Camisa	M3	134.9500	i	\$ 102.24	\$ 13,797.83	\$ 164.37	\$ 22,182.27

Tabla 3.10 Excavaciones Opción Pilotes - Data Obra

1.1.1 Excavaciones					\$ 177,765.58	\$ 274,855.06		
1.1.1.1	Excavacion de Suelo Vegetal (e=50cm) (500m3/dia)	M3	440.0000	i	\$ 43.50	\$ 19,140.00	\$ 67.26	\$ 29,593.61
1.1.1.2	Transporte de Suelo Vegetal (1km)	M3	528.0000	i	\$ 34.50	\$ 18,216.00	\$ 53.34	\$ 28,164.96
1.1.1.3	Excavación de suelo Seleccionado para Recambio (e=250cm) (500m3/dia)	M3	2,794.0000	i	\$ 43.50	\$ 121,539.00	\$ 67.26	\$ 187,919.45
1.1.1.4	Excavacion de Cono de Silos	M3	8.8100	i	\$ 301.77	\$ 2,658.59	\$ 466.59	\$ 4,110.63
1.1.1.5	Excavacion de Bases	M3	8.0000	i	\$ 301.77	\$ 2,414.16	\$ 466.59	\$ 3,732.69
1.1.1.6	Excavacion de Tolvas y Caños Camisa	M3	134.9500	i	\$ 102.24	\$ 13,797.83	\$ 158.09	\$ 21,333.73

Tabla 3.11 Excavaciones Opción Zapata - Data Obra

1.1.2 Rellenos					\$ 228,611.25	\$ 367,530.05		
1.1.2.1	Relleno compactacion de Suelo-cal al 5 %	M3	788.1800	i	\$ 168.38	\$ 132,712.12	\$ 270.70	\$ 213,356.49
1.1.2.2	Relleno compactado Suelo-cal 5% Zona de Veredas	M3	188.0000	i	\$ 176.60	\$ 33,200.35	\$ 283.91	\$ 53,375.00
1.1.2.3	Relleno Barro-cemento 4% Interior Zapata	M3	113.3900	i	\$ 197.94	\$ 22,444.87	\$ 318.23	\$ 36,083.81
1.1.2.4	Transporte de Suelo Seleccionado para recambio (1km)	M3	1,166.7800	i	\$ 34.50	\$ 40,253.91	\$ 55.46	\$ 64,714.76

Tabla 3.12 Rellenos Opción Pilotes - Data Obra

					\$ 713,097.78	\$ 1,102,567.41		
1.1.2	Rellenos							
1.1.2.1	Relleno compactacion de Suelo-cal al 5 %	M3	2,637.2600	i	\$ 201.58	\$ 531,613.44	\$ 311.67	\$ 821,962.52
1.1.2.2	Relleno compactacion de Suelo-cemento 8%	M3	255.2300	i	\$ 232.83	\$ 59,424.68	\$ 359.99	\$ 91,880.40
1.1.2.3	Relleno compactado Suelo-cal 5% Zona de Veredas	M3	188.0000	i	\$ 209.80	\$ 39,441.95	\$ 324.38	\$ 60,983.79
1.1.2.4	Relleno Barro-cemento 4% Interior Zapata	M3	113.3900	i	\$ 197.94	\$ 22,444.87	\$ 306.05	\$ 34,703.49
1.1.2.5	Relleno compactado Suelo-cemento 8% Bajo Zapata	M3	37.3200	i	\$ 241.05	\$ 8,995.90	\$ 372.70	\$ 13,909.15
1.1.2.6	Transporte de Suelo Seleccionado para recambio (1km)	M3	1,483.3900	i	\$ 34.50	\$ 51,176.96	\$ 53.34	\$ 79,128.06

Tabla 3.13 Rellenos Opción Zapata - Data Obra

El otro sub-rubro donde se presentan diferencias en la obra y por ende en el presupuesto es el correspondiente a Fundación de Silos (1.2.1), en este caso el sub-rubro contiene las bases de ventiladores, el fondo cono y la carpeta de terminación del mismo, todas estas tareas son idénticas en ambos presupuestos, la diferencia radica en las Tareas 1.2.1.1 y 1.2.1.2 de las Tabla 3.14 y Tabla 3.15 correspondientes al elemento propio de fundación perimetral y la viga anillo, donde los pilotes resultan alrededor de \$ 134.000 más caros que la zapata corrida en costo parcial directo, la diferencia en la viga anillo es un error que represento un encarecimiento de la tarea para la opción de pilotes de \$40.000 cuando en realidad debería haber resultado más barata. El error fue identificado a tiempo y corregido para el presupuesto de adjudicación.

					\$ 762,297.86	\$ 1,225,518.73		
1.2.1	Fundacion Silos (2ud)							
1.2.1.1	Pilotes D=40 L=9.00m	LID	40.0000	i	\$ 7,975.88	\$ 319,035.24	\$ 12,822.54	\$ 512,901.43
1.2.1.2	Viga Anillo (0.35x1.00m) H9A° H-21 (150kg/m3)	M3	36.2800	i	\$ 4,863.13	\$ 176,434.31	\$ 7,818.28	\$ 283,647.06
1.2.1.3	Piso Cono de Silo (e=15cm) H9A° H-21 (30kg/m3)	M3	75.5800	i	\$ 2,831.83	\$ 214,029.37	\$ 4,552.62	\$ 344,087.29
1.2.1.4	Base de ventiladores H9A° (50 Kg/m3)	M3	2.1800	i	\$ 4,216.09	\$ 9,191.08	\$ 6,778.06	\$ 14,776.16
1.2.1.5	Carpeta de terminación s/piso del cono (e=2cm)	M2	503.8500	i	\$ 63.59	\$ 32,042.11	\$ 102.24	\$ 51,512.95
1.2.1.6	Terminación de Viga anillo,relleno de Noyos y Garganta interior	ML	101.8000	i	\$ 113.61	\$ 11,565.75	\$ 182.65	\$ 18,593.84

Tabla 3.14 Fundación Opción Pilotes - Data Obra

					\$ 587,400.51	\$ 908,218.58		
1.2.1	Fundacion Silos (2ud)							
1.2.1.1	Zapata Corrida (2.10x0.35) H9A° H-21 (25 Kg/m3)	M3	65.3100	i	\$ 2,830.79	\$ 184,878.89	\$ 4,376.87	\$ 285,853.42
1.2.1.2	Viga Anillo (0.30x1.00m) H9A° H-21 (100kg/m3)	M3	31.1000	i	\$ 4,363.13	\$ 135,693.30	\$ 6,746.12	\$ 209,804.35
1.2.1.3	Piso Cono de Silo (e=15cm) H9A° H-21 (30kg/m3)	M3	75.5800	i	\$ 2,831.83	\$ 214,029.37	\$ 4,378.47	\$ 330,924.89
1.2.1.4	Base de ventiladores H9A° (50 Kg/m3)	M3	2.1800	i	\$ 4,216.09	\$ 9,191.08	\$ 6,518.77	\$ 14,210.93
1.2.1.5	Carpeta de terminación s/piso del cono (e=2cm)	M2	503.8500	i	\$ 63.59	\$ 32,042.11	\$ 98.33	\$ 49,542.42
1.2.1.6	Terminación de Viga anillo,relleno de Noyos y Garganta interior	ML	101.8000	i	\$ 113.61	\$ 11,565.75	\$ 175.66	\$ 17,882.57

Tabla 3.15 Fundación Opción Zapata - Data Obra

En síntesis con la alternativa de fundación por pilotes se abarata \$ 565.000 en Movimientos de Suelos y se encarece \$ 174.000 en Fundación de Silos, lo que representa una diferencia de \$391.000 en costos parciales directos que se traduce en \$ 500.000 a precio final.

Si los coeficientes de pase de ambas opciones fueran iguales el abaratamiento del precio final de la obra sería mayor, pero se aprovecha la diferencia de precios generada para aumentar el beneficio.

3.6.2. Adjudicación

Listos los presupuestos se presentan acompañados con los planos correspondientes y las condiciones comerciales al cliente para el concurso de precios.

En este caso se ganó el concurso con la opción por pilotes por lo que se procede a realizar la ingeniería necesaria para la realización de la obra, de esta ingeniería resultan el presupuesto final y los planos de ejecución de la obra.

3.7. MODELADO DE LA FUNDACION

Una vez adjudicada la obra se procede a realizar el dimensionado final de los elementos, por lo que se deben determinar con mayor exactitud las solicitudes. Para ello se modela la estructura en el software de análisis estructural RAM Advanse.

Se plantea la estructura de la Fig. 3.15 formado por la viga anillo y los pilotes, siendo la viga representada por tramos rectos entre pilotes y no como un elemento circular único, esta consideración no tiene mayor influencia en los resultados.

La relación de rigidez de los elementos es la que rige el comportamiento de la viga por lo que no es correcto darle al pilote su longitud real ya que no se tiene en cuenta la acción del suelo, por lo tanto se toma una longitud de pilote de 2 m y se supone empotrado en este punto, de esta forma la rigidez del pilote que es inversamente proporcional a su longitud resulta mayor simulando de forma más real el comportamiento.

En la Fig. 3.16 se ven las condiciones de vínculo, las secciones que corresponden a lo previamente estipulado y el material que no tiene en cuenta el peso ya que fue considerado en la determinación de las cargas y solo se define para poder correr el modelo.

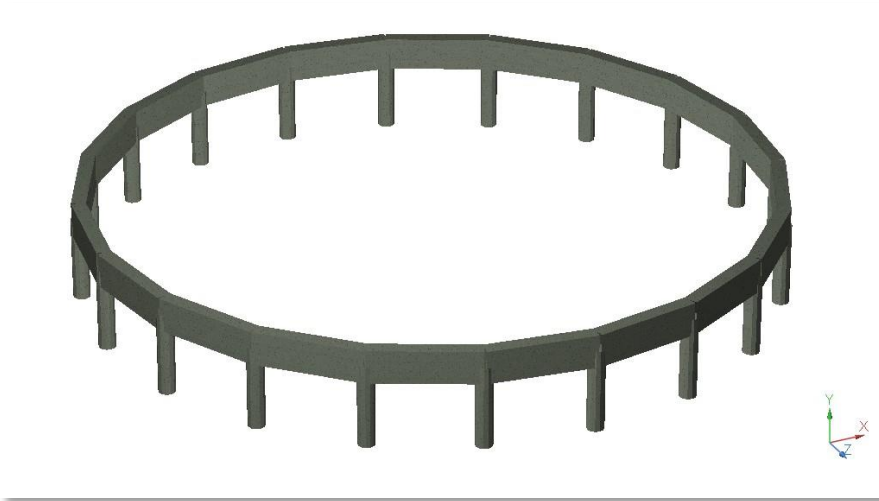


Fig. 3.15 Modelo 3D

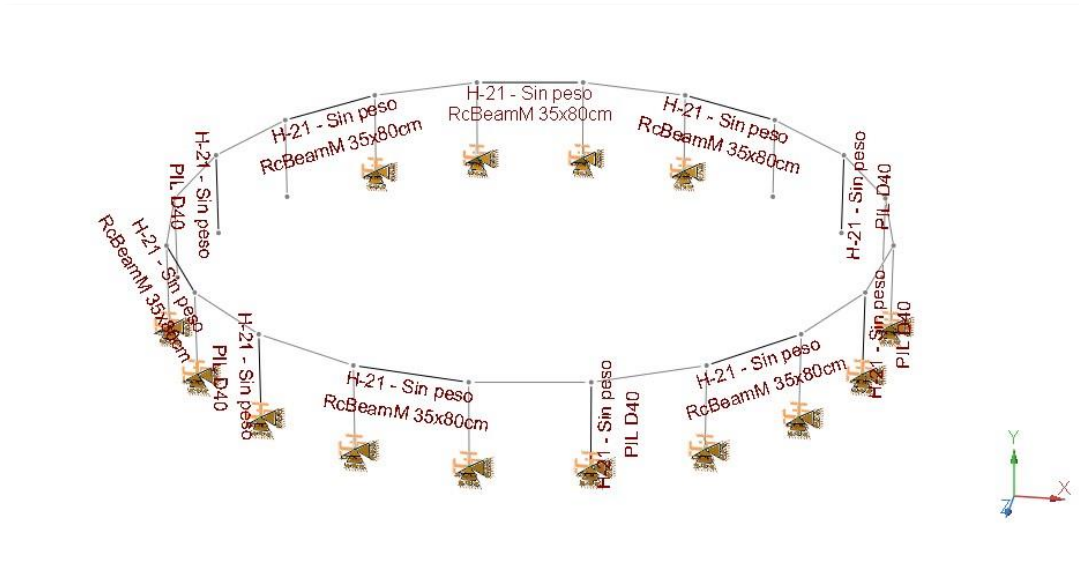


Fig. 3.16 Modelo - Secciones, materiales y condiciones de vínculo

En la Fig. 3.17 se observan las cargas solicitantes que son las determinadas en las apartado 3.3. Análisis de Carga:



Fig. 3.17 Esquema de Cargas

La imagen de la Fig. 3.18 es la figura deformada comparada con la figura original, nos da una primera idea del funcionamiento de la estructura y si se cometió un error al realizar el modelo es donde primero se expone.

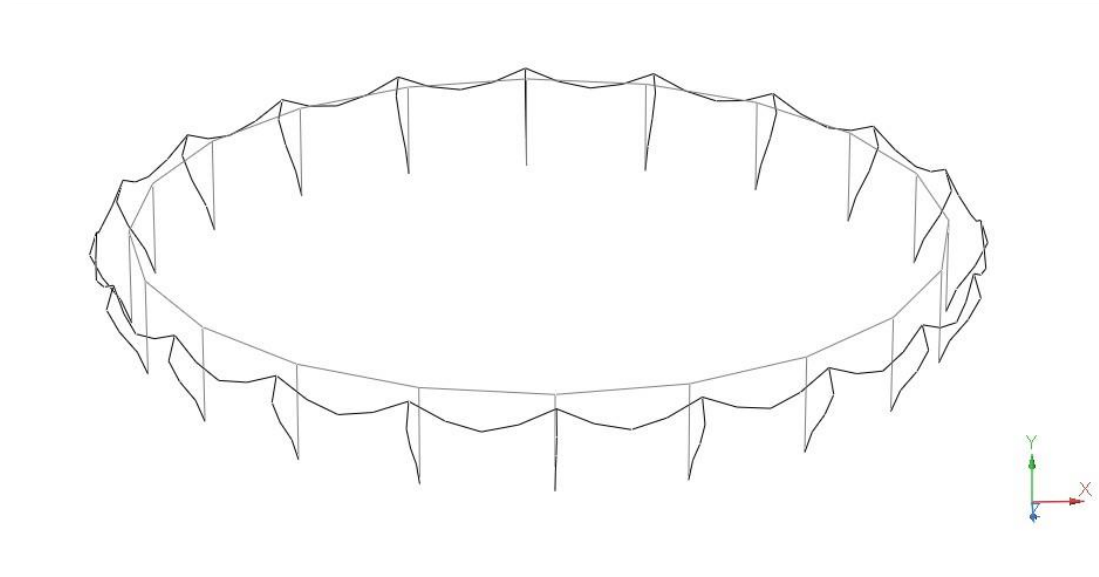


Fig. 3.18 Deformada

La Fig. 3.19 presenta los diagramas de corte y momento para toda la viga anillo, como se puede observar son iguales para cada tramo por lo que cualquier tramo es representativo como el de la Fig. 3.20 donde se pueden ver los valores máximos. El esfuerzo axial se muestra en la Fig. 3.21, y el diagrama de momentos de los pilotes en la Fig. 3.22.

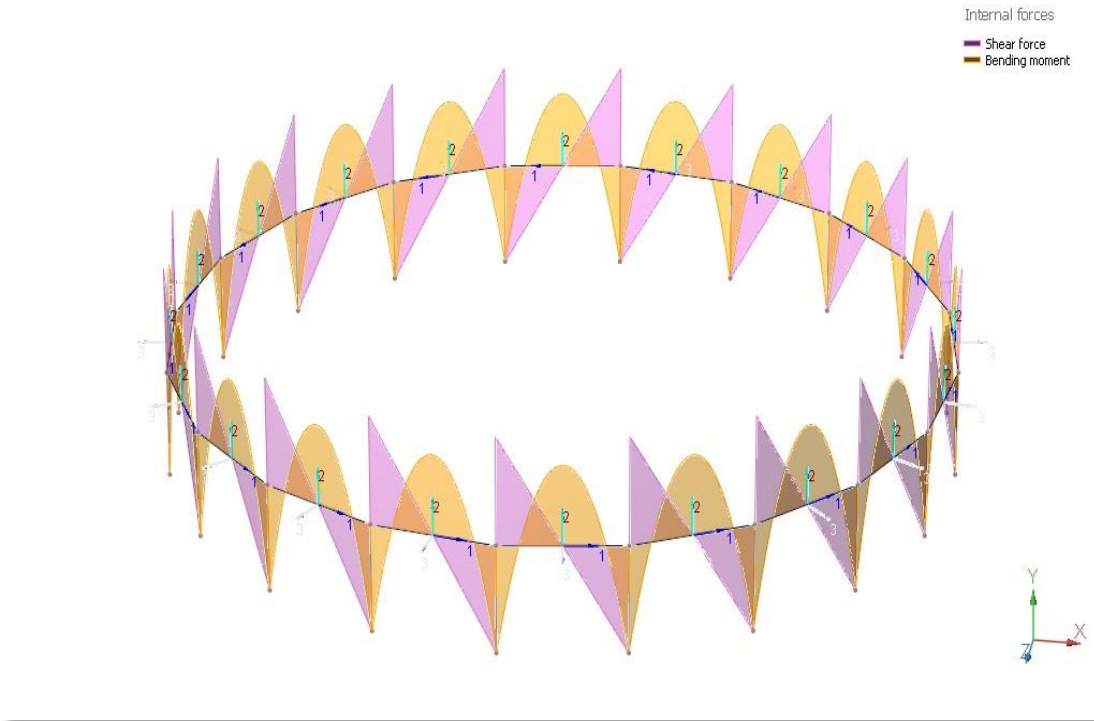


Fig. 3.19 Diagramas de Corte y Momento

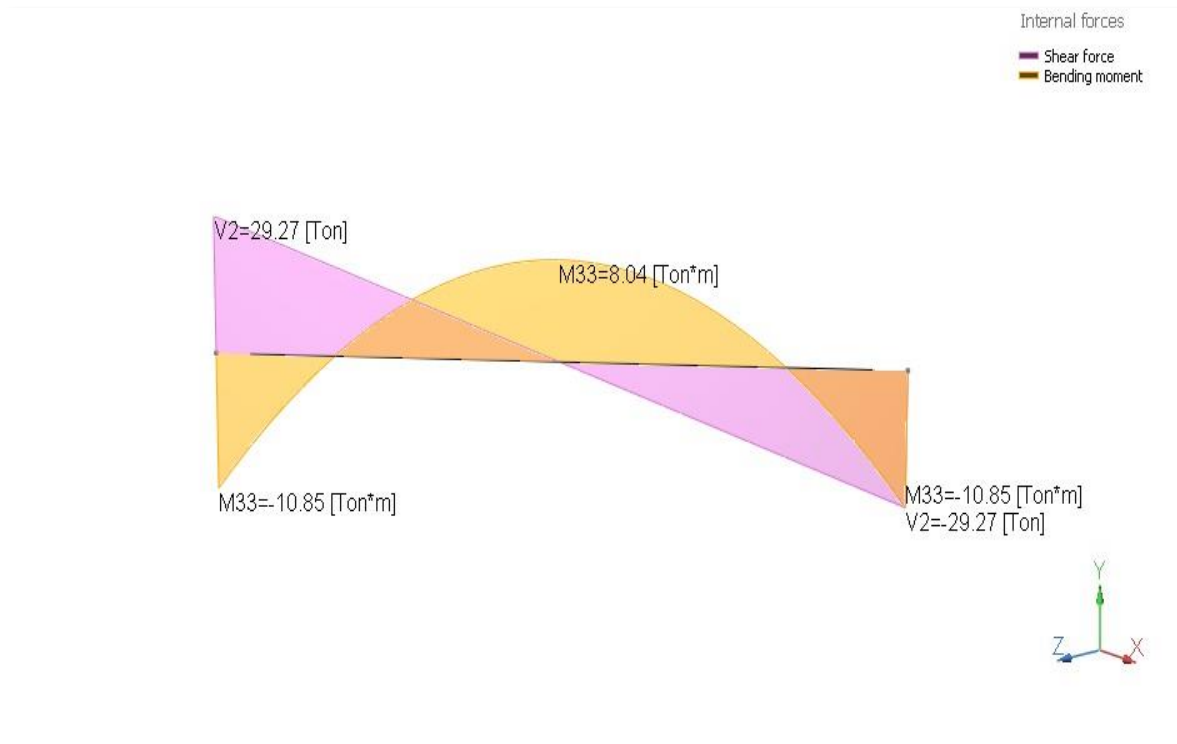


Fig. 3.20 Diagramas de Corte y Momento con valores

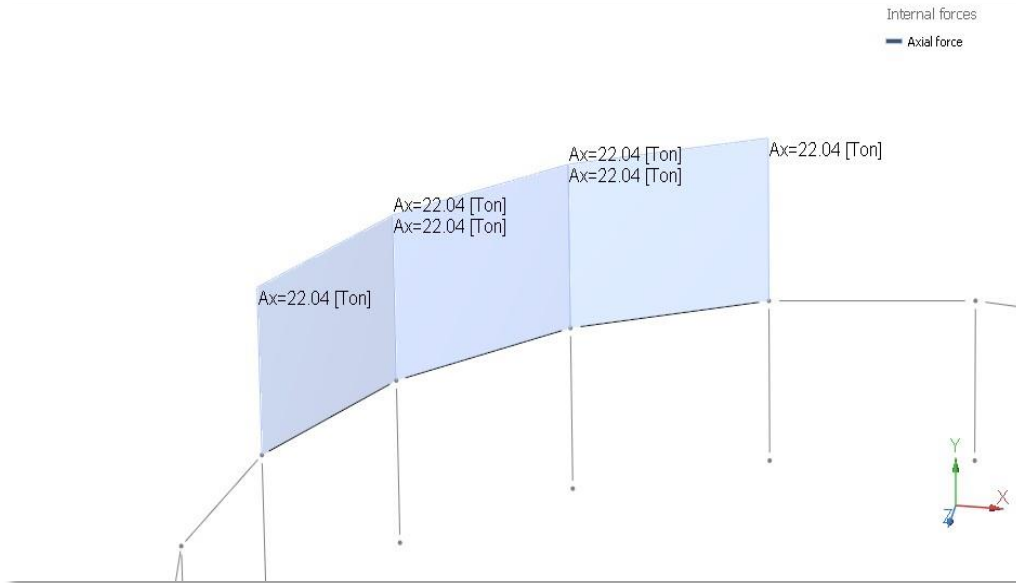


Fig. 3.21 Esfuerzo Axial

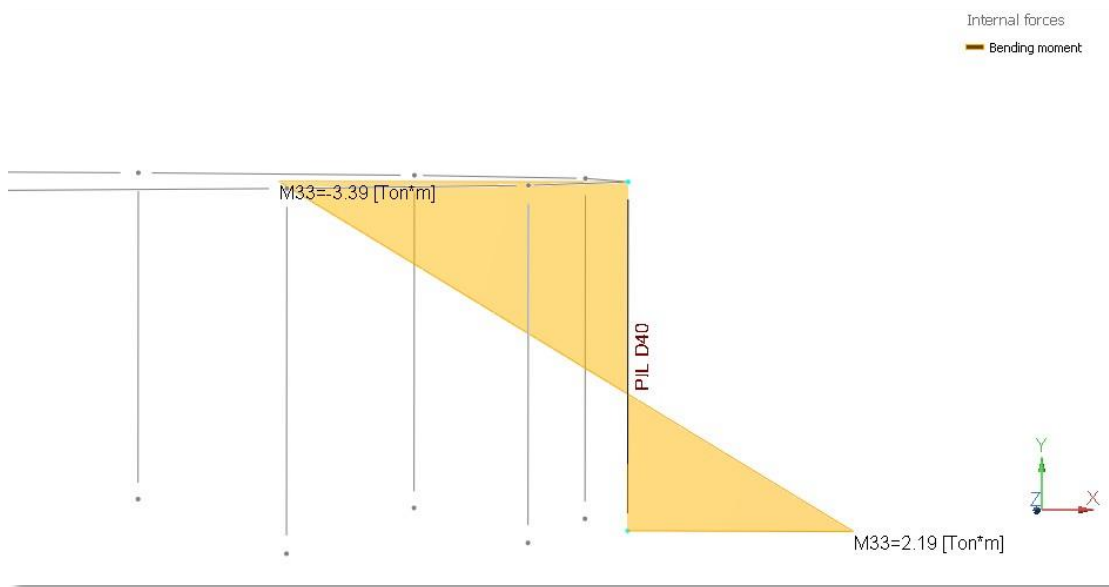


Fig. 3.22 Diagrama de momento en Pilotes

Resumiendo del modelo se obtienen las siguientes solicitaciones sobre la viga anillo:

$$M_{apoyo} = 10,85 \text{ tn. m}$$

$$M_{tramo} = 8,04 \text{ tn. m}$$

$$V_{M\acute{a}x} = 20,00 \text{ tn}$$

$$N_{tracci\acute{o}n} = 22,04 \text{ tn}$$

El corte corresponde a una distancia de 40 cm del eje del apoyo.

Comparando estos valores con los obtenidos previamente vemos, que los momentos se equiparan, disminuyendo el de los apoyos y aumentando el del tramo, esto se debe a que la condición real no es un empotramiento como se supuso en el pre-dimensionado.

El esfuerzo de tracción resulta menor debido a que en el modelo toman parte del mismo los pilotes.

3.8. DIMENSIONADO FINAL DE LOS ELEMENTOS

El dimensionado final de pilotes y viga anillo consiste en la determinación de las armaduras y la verificación de las secciones con las cargas determinadas.

3.8.1. Viga Anillo

Se toman las siguientes cargas:

- Los momentos resultantes del modelo:

$$M_{tramo} = 8,04 \text{ tn.m (del modelo)}$$

$$M_{apoyo} = 10,85 \text{ tn.m (del pre-dimensionado)}$$

- El corte es el determinado en el pre-dimensionado debido a que es el más próximo a la realidad:

$$V_{M\acute{a}x} = 20,00 \text{ tn}$$

- El esfuerzo axial se toma del pre-dimensionado ya que no se conoce con certeza que esfuerzo absorbe la viga:

$$N = 30,90 \text{ tn}$$

Para la viga anillo se utiliza la planilla ya vista en el pre-dimensionado (Tabla 3.2) que aplica los conceptos y sigue los lineamientos del reglamento CIRSOC 201/81 mediante el apunte "Datos para el Proyectista de Hormigón Armado" del año 1983 proporcionado por el CIRSOC. A continuación se presentan los conceptos y se explica el funcionamiento de la planilla que se presenta en las Tabla 3.16, Tabla 3.17 y Tabla 3.18.

En su capítulo 17 el reglamento hace referencia al "Dimensionamiento" diciendo que la tensión del acero σ_s se determina de la siguiente ecuación:

$$\sigma_s = \frac{1}{A_s} \left(\frac{M_s}{z} + N \right)$$

Donde A_s es la sección de acero, M_s y N las solicitaciones afectadas con el correspondiente coeficiente de seguridad y z el brazo de palanca elástico.

Despejando el área, planteando la tensión de fluencia del acero y desagregando la ecuación por sollicitación se calculan las armaduras correspondientes.

Para el cálculo de la armadura a flexión se debe determinar el coeficiente K_z que afecta la altura mecánica de la viga para determinar el brazo de palanca elástico de las fuerzas

internas. El mecanismo de trabajo de la sección es el esquema de la Fig. 3.23 extraído del Cuaderno 220.

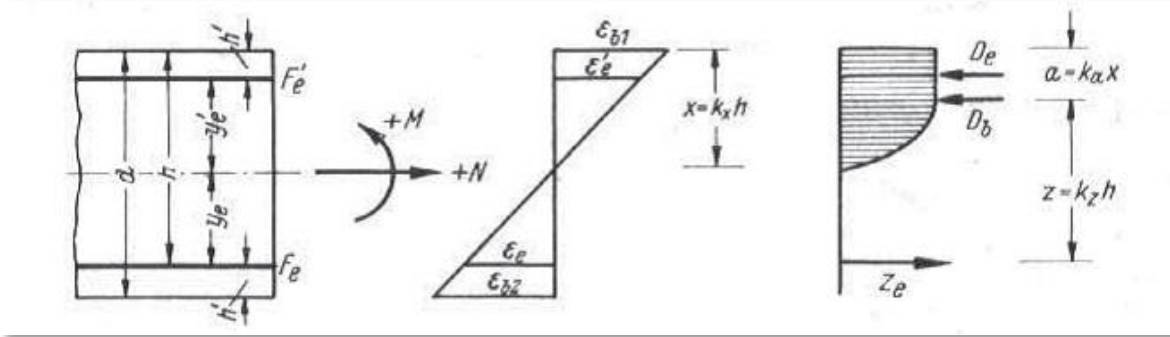


Fig. 3.23 Esquemas de Solicitaciones, Tensiones y Deformaciones para el estado de rotura

El coeficiente adimensional K_z se obtiene de tabla en función del momento reducido m_s que representa el grado de aprovechamiento de la sección:

$$m_s = \frac{v M}{bh^2 \beta_r}$$

Donde v es el coeficiente de seguridad, β_r la tensión de rotura del hormigón y h la altura mecánica de la sección (altura total menos el recubrimiento). Vale aclarar que es más común encontrar m_s denominado K_r .

Finalmente la armadura necesaria a flexión resulta:

$$A_s = \frac{v M}{K_z h \beta_s}$$

Donde β_s es la tensión de fluencia del acero.

El cálculo de la armadura a tracción resulta más simple ya que se desprecia la resistencia del hormigón a tracción y no se necesita de coeficientes adimensionales, toma todo el esfuerzo el acero y resulta directamente:

$$A_s = \frac{v N}{\beta_s}$$

La armadura de corte debe poder generar un esfuerzo rasante T' que cumple la función de coser las fisuras diagonales que origina la tensión cortante. Esta armadura se dimensiona mediante la comparación de los límites básicos definidos por el reglamento y la tensión de corte solicitante τ_0 , de donde surgen tres posibles zonas de corte en función de las cuáles se determina la tensión a tomar por la armadura τ :

Zona de corte 1 ($\tau_0 \leq \tau_{012}$)	$\tau = 0,4 \tau_0$
Zona de corte 2 ($\tau_0 \leq \tau_{02}$)	$\tau = \tau_0^2 / \tau_{02} \geq 0,4 \tau_0$
Zona de corte 3 ($\tau_0 < \tau \leq \tau_{03}$)	$\tau = \tau_0$

La tensión solicitante se obtiene de:

$$\tau_0 = \frac{Q}{0,85 * h * b}$$

Donde Q es el corte máximo que se puede tomar a una distancia h/2 del apoyo.

El esfuerzo rasante resulta:

$$T' = \tau * b$$

Al entrar a la zona de corte 3 se debe tomar la tensión completa, esto obliga al caballeteado de la armadura longitudinal complicando el armado de la viga por lo que la planilla utilizada en la empresa está condicionada para trabajar en las primeras dos zonas de corte para las cuales los estribos son suficientes.

Finalmente la armadura necesaria de estribos resulta:

$$A_{es} = \frac{T' * s}{\beta_s}$$

Habiendo planteado los conceptos y bases para el uso de la planilla se procede a explicar su funcionamiento. Se mantienen las dimensiones de la viga definidas en el pre-dimensionado y se cargan nuevamente las solicitaciones modificándose en este caso el momento de tramo y el corte máximo.

Con los datos de la sección y las solicitaciones ingresados en la parte I (Tabla 3.16), la planilla determina según los conceptos citados las armaduras necesarias para cada posición que se muestran en la parte II (Tabla 3.17).

.En la parte III (Tabla 3.18) se propone la armadura, se inserta diámetro y cantidad de barras y se avanza por posiciones: armadura superior, refuerzo superior en cada apoyo, armadura de tramo y refuerzo de tramo, armadura intermedia, y finalmente los estribos para tomar el corte.

La planilla verifica automáticamente por posición:

$$\sum_{Posición} A_i > MAX(A_s; A_{min})$$

Donde A_i son las armaduras que trabajan en la posición, A_s es la armadura necesaria por cálculo y A_{min} es la armadura mínima de retracción.

Por ejemplo en el apoyo izquierdo, suma el área de las armaduras superior y de refuerzo en el apoyo izquierdo, y las compara con el máximo entre el área necesaria correspondiente al momento solicitante en el apoyo izquierdo y el área mínima por retracción. Si es mayor la armadura propuesta el fondo de la casilla será verde, si no la supera será rojo.

Para el caso de la armadura a tracción la verificación se realiza con la suma de todas las posiciones de armaduras comparada con la suma de las armaduras de tracción y la máxima necesaria a flexión.

ELEM.	GEOMETRIA				M-(Grav+Sob+Viento)										
	L [m]	Ac [m]	B [m]	D [m]	Mvi [tn,m]	Mvd [tn,m]	Mtramo [tn,m]	h [m]	kr apder	kr apizq	ξ_s % ap	ξ_b % ap	kr tr	ξ_s % tr	ξ_b % tr
Viga Anillo	2,6	0,35	0,35	0,80	10,85	10,85	8,04	0,75	0,06	0,06	5,00	0,88	0,04	5,00	0,68

Tabla 3.16 Dimensionado de Vigas s/ CIRSOC 201/81 - Parte I

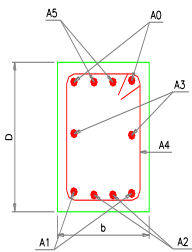
											Agregado por el alumno	
Aapizq	Aapder	ApMin	Atramo	Atramo Min	Carga Puntual	Qmax	t	eta	Ae1	N tracción	Atracción min	
[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	(tn)	[t]	[t/m ²]		[cm ² /m]	(tn)	[t/m ²]	
6,46	6,46	0,6	4,79	7,88		20,00	95,24	0,53	6,92	30,90	12,88	

Tabla 3.17 Dimensionado de Vigas s/ CIRSOC 201/81 - Parte II

DETERMINACIÓN DE ARMADURA NECESARIA EN SECCIONES DE HORMIGON ARMADO																					
A0 (Armadura Sup)			A5 (apizq Ref Sup)			A5 (apDer Ref Sup)			A1 (Armadura Inf)			A2 (Ref Armadura Inf)			A3 (Tracción)			A4 (Armadura de Corte)			
N	Ø	[cm ²]	N	Ø	[cm ²]	N	Ø	[cm ²]	N	Ø	[cm ²]	N	Ø	[cm ²]	N	Ø	[cm ²]	R	Ø	sep	[cm ²]
4	16	8,04							4	16	8,04				10	12	11,31	2	10	20	7,85
											Agregado por el alumno										

Tabla 3.18 Dimensionado de Vigas s/ CIRSOC 201/81 - Parte III

DETALLE DE Aº DE VIGA



VISTA DE VIGA INTERMEDIA

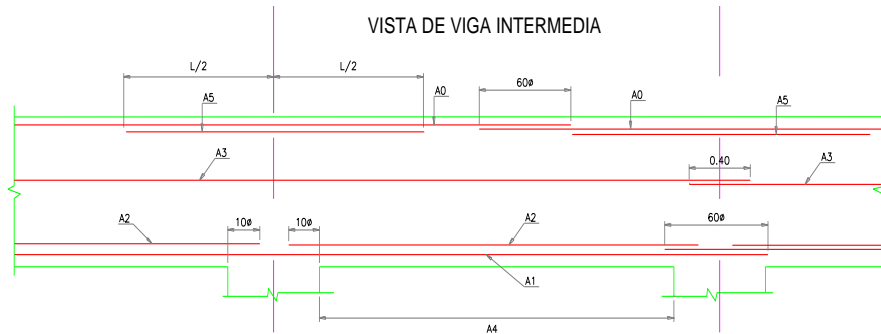


Fig. 3.24 Posición de Armaduras de Planilla para el Dimensionado de Vigas

Finalmente se realiza una verificación a flexotracción con un módulo de cálculo del software PPlan que demuestra la forma de trabajo de la sección, la posición del eje neutro, que parte de la sección se encuentra comprimida, la relación capacidad-solicitación, entre otros datos. En el mismo se cargan los máximos esfuerzos, las dimensiones de la sección y la armadura propuesta en la posición correspondiente de armado. A continuación se muestran las salidas.

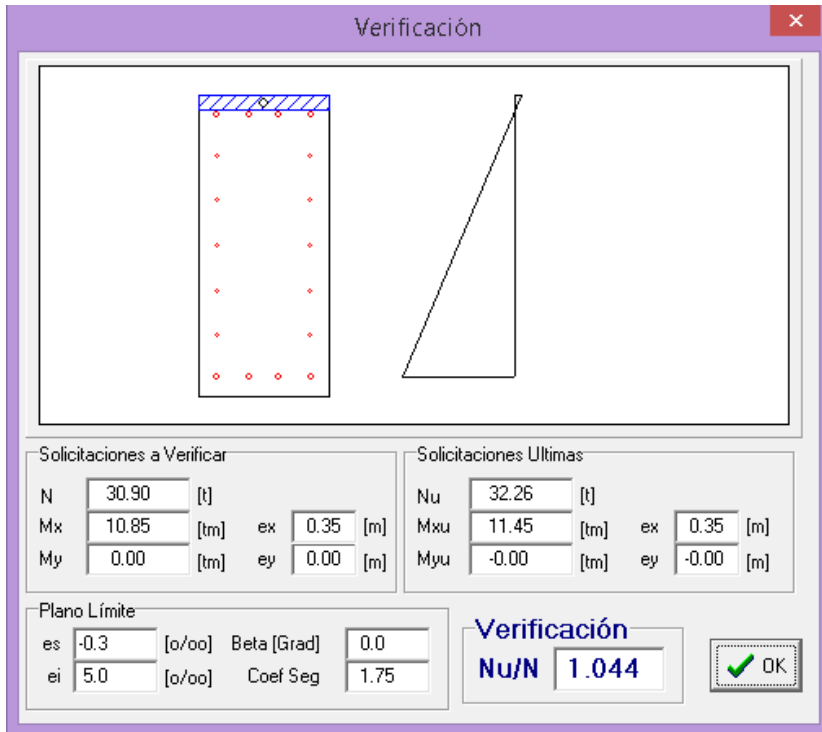


Fig. 3.25 Salida I - Software PPlan

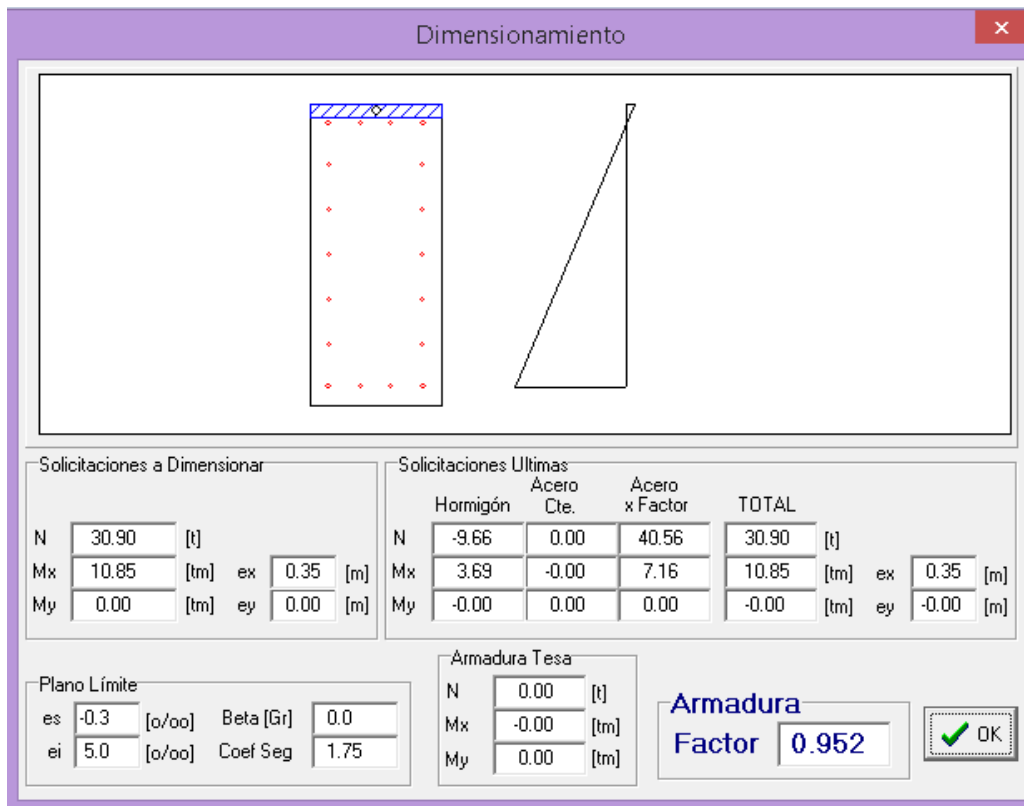


Fig. 3.26 Salida II - Software PPlan

En la imagen de la Fig. 3.25 se observa la sección con su área comprimida en azul, las solicitaciones a la izquierda en “Solicitaciones a Dimensionar”, las capacidades en función del reglamento a la derecha en “Solicitaciones Últimas”, y la relación de esfuerzos normales en la esquina inferior derecha, capacidad (Nu) sobre solicitación (N). En la Fig. 3.26 el factor representa la relación de armadura necesaria por reglamento sobre la propuesta.

3.8.2. Pilotes

Los pilotes se dimensionan como una columna con algunas consideraciones en las zonas sísmicas.

En este caso la obra está ubicada en la provincia de San Luis al este de su ciudad capital y como se puede ver en la Fig. 3.27 se encuentra en zona sísmica 2. Según el artículo 17.5.5.3 del Tomo I del reglamento INPRES CIRSOC 103/91 corresponde para el armado de los pilotes una cuantía mínima de 0,003 o 6 barras de 12 mm de diámetro para la armadura longitudinal y estribos de diámetro igual o mayor a 8 mm con separación no mayor que 12 diámetros de la armadura longitudinal o 25 cm. En la cabeza se debe densificar el paso.

Para el dimensionado de las columnas se usa la planilla propia de la Tabla 3.19 que sigue el reglamento CIRSOC 201/81, la armadura a distribuir viene dada por:

$$F e_{total} = \mu_{o total} \frac{\beta_R}{\beta_S} r^2 \pi$$

Donde r es el radio del pilote y $\mu_{o total}$ es la cuantía mecánica total que se obtiene por medio del diagrama de interacción de la Fig. 3.28 extraído de la Guía de Trabajos Prácticos de Geotecnia III, al mismo se ingresa con los esfuerzos característicos reducidos:

$$m = \frac{M}{r^3 \beta_r} \quad n = \frac{N}{r^2 \beta_r}$$

Donde M y N son las solicitaciones para las cuales se deben tener en cuenta los momentos de segundo orden originados debido al pandeo del pilote. En la deformada, en función de la esbeltez, se genera una excentricidad no prevista que produce el momento de segundo orden, en este caso se tuvo en cuenta en el modelo.

En la planilla se carga la capacidad requerida N calculada en el pre-dimensionado y el momento M determinado con el modelo y para mayor seguridad se supone una excentricidad de la carga de 5 cm. La excentricidad y N generan un momento extra que lo tiene en cuenta para la determinación de m y n. Con estos se acude al diagrama de interacción (Fig. 3.28) y se obtiene la cuantía mecánica total.

Se cargan en la planilla (Tabla 3.19) la cuantía determinada y la definida por el INPRES CIRSOC y se obtiene la armadura necesaria en función de cada una, finalmente se propone diámetro y cantidad de barras para satisfacer ambas armaduras.

Para $m_1 = 0,072$ y $n_1 = 0,268$ del diagrama se obtiene una cuantía $\mu_{o total} = 0,15$.

Finalmente la armadura que se adopta son 8 barras de 12 mm con zunchos de 6 mm cada 10 cm en la cabeza y cada 20 en el fuste.

CALCULO DE POZOS															
Flexión Compuesta				Excentricidad		0,05 m		Cuantía Min						0,003 (*)	
Hormigon				H-21		Br=		1750 [t/m2]							
POZO	NG	Mge	Mg	Dp	MC1	NC2	MC2	m1	n1	cuantía	Arm.Calc	Arm.Min	Arm.Max	Armadura	
	[t]	[t.m.]	[t.m.]	[m]	[t.m.]	[t]	[t.m.]				[cm2]	[cm2]	[cm2]	Di [mm]	Cant.
P1	58,8	2,9	3,4	0,40	6,34	59	6,34	0,072	0,268	0,150	7,854	3,8	7,9	12	8 9,0

Tabla 3.19 Determinación Armadura Pilote

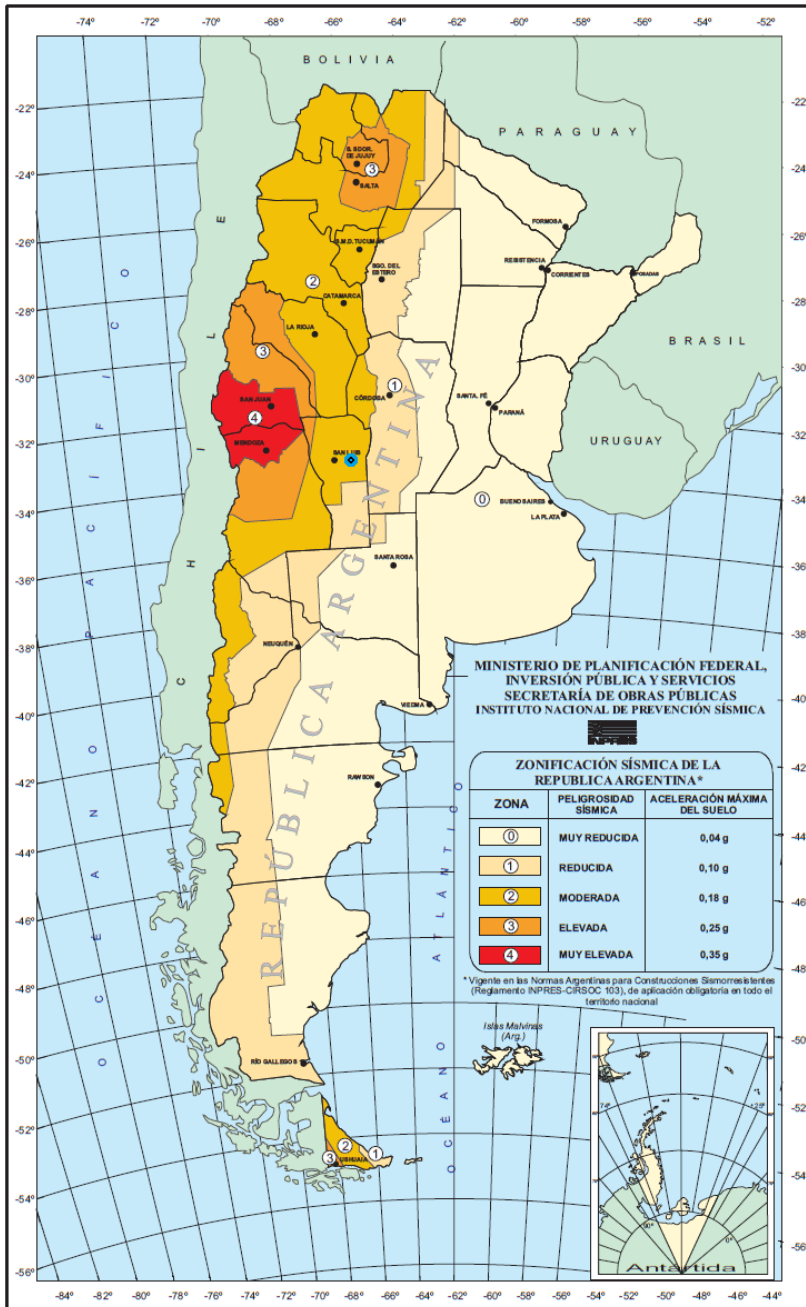


Fig. 3.27 Ubicación de la Obra en el Mapa Sísmico de Argentina

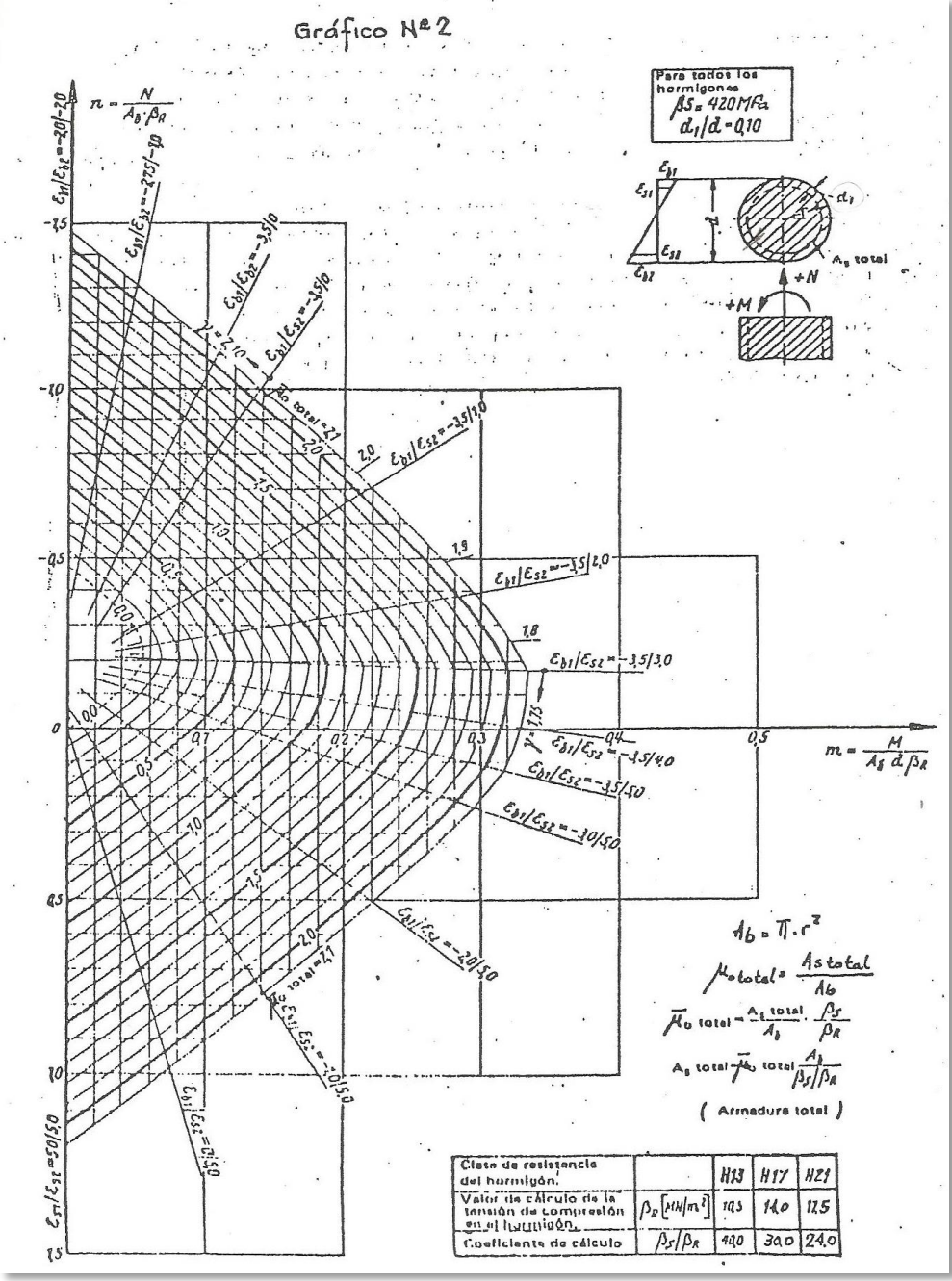


Fig. 3.28 Diagrama de Interacción para columnas circulares

3.9. CONFECCIÓN DE PLANOS EJECUTIVOS

Una vez dimensionados todos los elementos se procede a la confección de los planos para la ejecución de la obra. Se busca en los mismos el mayor detalle y precisiones razonables en función de las magnitudes para la correcta puesta en obra y evitar posibles confusiones dejando en claro posiciones, dimensiones, materiales y todos los datos necesarios para la realización de la obra. El set vendrá acompañado de la lista de doblado y cortado de fierros.

El set de planos está formado de la siguiente manera y se pueden consultar en ANEXOS:

- PG-01-Planta General (Escala 1/100)
- PG-02-Planta Replanteo Columnas de Anclaje (Escala 1/200)
- MS-01-Planta Movimiento de Suelos (Escala 1/100)
- MS-02-Corte Movimiento de Suelos (Escala 1/50)
- E-01-Cortes Silos (Escala 1/50)
- E-02-Foso de Noria (Escalas 1/50 y 1/100)
- D-01-Detalles Silos y Columnas de Anclaje (Escala 1/25)
- D-02-Detalles Tolvas (Escala 1/20)

3.9.1. Planta General

Siempre se empieza con la ejecución de la planta general, en la misma debe quedar claro y acotado la posición de los elementos y las diferentes cotas de nivel de terminación. En este caso por la simplicidad del replanteo de las fundaciones de los silos cumple también esta función, solamente acotando el centro de cada silo a través de los ejes, un pilote punta y la distancia entre pilotes es más que suficiente para el replanteo de los mismos. Se acotan para el replanteo también mediante sus ejes al centro, el foso de noria, las bases, las tolvas. Y finalmente las dimensiones de las bases y veredas.

3.9.2. Planta Replanteo Columnas de Anclaje

Cumple solo esa función quedando acotados los 4 centros de columnas en relación a un punto existente, no son necesarios ningún tipo de detalle.

3.9.3. Planta Movimiento de Suelos

Para el movimiento de suelos se dibuja una planta de movimientos de suelos donde se puede observar las dimensiones de los cajones, y se explicitan las cotas de fondo de excavación y las cotas de relleno en cada sector.

3.9.4. Corte Movimiento de Suelos

La plana de movimientos de suelos se acompaña con un corte longitudinal en el eje de los silos donde se observan claramente los diferentes niveles y sectores de relleno y excavación. Tiene como fin despejar dudas y esclarecer la planta de movimiento de suelos.

3.9.5. Cortes Silos

Son dos cortes, uno vertical que abarca medio silo en cualquier dirección radial, y otro horizontal donde se ve un cuarto del fondo. En estos cortes se aumenta la escala ya que existe mayor nivel de detalle.

En el corte vertical se ven los detalles constructivos del fondo con los espesores de cada capa, hormigón de limpieza, losa y carpeta de terminación, se ve la junta entre piso y viga

anillo, también se muestran la disposición de las veredas y las fundaciones, todo con las cotas referidas en vertical al punto fijo correspondiente al estudio de suelo y en horizontal el eje central del silo.

En el horizontal, que en realidad es una vista del fondo, se detalla el armado de la losa de fondo. También se acota y deja en claro los diferentes ejes, y se observa la disposición de los pilotes y los nichos de anclaje para la estructura metálica.

3.9.6. Foso de Noria y Conexiones

En este plano se muestra el foso de noria en planta con dos cortes y un detalle constructivo, y se muestran las conexiones de las tolvas al foso en planta y dos cortes verticales.

En la planta del foso de noria se muestran las dimensiones, el diámetro interior y el espesor de los tabiques, se explicita la tarea de amurar un aro perimetral y un marco metálico a proveer por el proveedor de los silos y se referencia la posición en que se debe amurar el marco dejando libre un rectángulo centrado coincidente con el pedestal en el fondo.

Los cortes del pozo, uno vertical y otro horizontal a través del fondo muestran los detalles de armado de tabiques, losa inferior y pedestal; mientras que el detalle constructivo deja en claro la construcción por tramos y acota las bocas de conexión en relación a los tramos correspondientes. Esto se completará luego con los planos de la firma que provee el encofrado circular.

En la planta de las conexiones se muestran la posición relativa de las tolvas al foso y la posición al centro de las bocas de conexión en el foso. En los cortes, ambos verticales pero en los diferentes ejes se ve la posición de las tolvas y los ángulos de las conexiones con la posición vertical al fondo del foso, como así también las longitudes de cada conexión entre paredes exteriores de tolvas y foso y entre paredes interiores.

3.9.7. Detalles Silos y Columnas de Anclaje

Son cuatro detalles en total, el primero lo forman un corte vertical y la planta o sección del pilote, el segundo corresponde a los nichos de anclaje también en planta y corte vertical, el tercer detalle es una corte de la viga anillo y el fondo del silo y el cuarto es de las columnas de anclaje formado por un corte vertical y otro horizontal.

En el detalle de los pilotes se muestra las dimensiones de los mismos y se detalla el armado, los detalles de los nichos muestran las dimensiones en corte y planta y la posición en relación al eje de los pilotes y la viga anillo. El tercero muestra la sección de la viga anillo y detalla el armado de la misma, se puede ver un borde del lado interior que es para impedir el ingreso de agua al silo y una inclinación hacia el exterior de la cara superior para facilitar el escurrimiento, por otro lado muestra la junta con el fondo del silo y este en corte con las capas que lo conforman. El último detalle muestra las dimensiones y el armado de las columnas de anclaje y las respectivas bases y se observa la posición del gancho de anclaje que proveerá Isilar.

3.9.8. Detalles Tolvas

Este plano contiene los detalles de los tres tipos de tolvas a construir ya que las tolvas son cuatro pero dos de ellas son idénticas. Cada detalle de tolva está formado por la planta y dos cortes verticales, uno en cada dirección, el primer detalle se completa con un corte a

través de la diagonal de descarga. En las plantas se muestran las dimensiones libres y espesores de los tabiques y los puntos de quiebre del fondo, como así también los detalles de armado, vale aclarar que en este caso es importante debido a la asimetría de las construcciones la posición de los cortes en la planta. Luego en los diferentes cortes se acotan las alturas de los quiebres los ángulos del fondo en los diferentes sentidos, las dimensiones y los detalles de armado.

3.10. CONFECCIÓN DE LISTAS DE HIERROS

Estas listas se realizan con dos objetivos concretos, por un lado se busca obtener las cantidades necesarias de cada barra y malla para realizar la orden de compra sin sobrantes excesivos, y por otro lado se busca agilizar el cortado y doblado en taller dejando en claro las longitudes y cantidades de cada posición y para cada elemento, las posiciones vienen determinadas en los detalles de armado de los planos correspondientes.

Es una tarea que se debe realizar cuidadosamente, para esta se tiene una planilla tipo de la empresa que se divide en dos partes; la primera es el resumen donde se presentan las longitudes por diámetro, el peso correspondiente y la cuantía resultante del elemento, y la segunda parte es la planilla propiamente dicha donde se determinan las longitudes totales por posición. Para la confección se deben tener en claro cada posición de los elementos y las dimensiones que se abarcan, en general es una tarea simple pero siempre debe ser verificada, si se cometió un error en la planilla se ve reflejado en la cuantía resultante del elemento, ya que para cada uno se conoce el orden de magnitud de esta.

Las listas confeccionadas son las siguientes:

- Viga Anillo
- Pilotes
- Fondo Silos
- Foso de Noria
- Columnas de Anclaje
- Mallas

A continuación se cita la metodología de la determinación de las cantidades.

Las planillas se cargan por posición, en el cuerpo de cada posición se completa el diámetro de la barra, se la dibuja con las correspondientes longitudes y se carga la cantidad de elementos estructurales que la contienen. En la parte auxiliar, se carga longitud a cubrir y el recubrimiento, luego se continúa en función de la naturaleza de la posición, si es estribo, si es longitudinal a empalmar o si viene dado por el número de repeticiones directamente.

En el caso de estribos de la viga anillo (Tabla 3.20) se carga la separación y la longitud a cubrir, con estos datos la planilla devuelve en el cuerpo la cantidad de estribos necesarios (en planilla cantidad parcial), luego multiplicado por la longitud del dibujo y la cantidad de elementos se obtiene la longitud total de la posición.

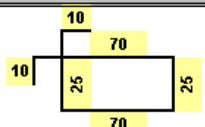
N°	Ø	Formas	Largo Corte	Cantidades			Largo Total	Auxiliar	
				Parc.	Uds	Total		Lc=	N°=
3	10		2,10	259	2	518	1087,80	Lc= 5184	N°= 259
								Rec= 2,5	Rep= 1
								Sep= 20	

Tabla 3.20 Listas de Hierro - Determinación de Longitud de Armadura de Estribos en Viga Anillo

Para las posiciones longitudinales de la viga anillo (Tabla 3.21) se cargan en la parte auxiliar: la longitud total a cubrir, la longitud de empalme y las repeticiones que forman cada posición. Con las dos primeras se obtiene la longitud necesaria por repetición y multiplicado por las repeticiones la longitud total, luego se divide por 12 que son los metros de una barra y se obtiene la cantidad necesaria de barras para cada elemento (en planilla cantidad parcial) que es el valor que devuelve al cuerpo, multiplicado por la cantidad de elementos y la longitud del dibujo da la longitud total de la posición.

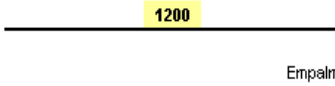
N°	Ø	Formas	Largo Corte	Cantidades			Largo Total	Auxiliar	
				Parc.	Uds	Total		Lc=	N°=
1	16		12,00	40	2	80	960,00	Lc= 5184	N°= 5
								Rec= 2,5	Rep= 8
								Emp= 100	

Tabla 3.21 Listas de Hierro - Determinación de Longitud Total de Armadura Longitudinal en Viga anillo

En el caso de los pilotes y las columnas de anclaje, las barras longitudinales van por unidad ya que son de 9,15 m entonces se cargan directamente las repeticiones en el cuerpo, y para los zunchos se dibuja con el diámetro y el paso, luego en auxiliares se carga la longitud a cubrir y se devuelve al cuerpo el largo total (en planilla largo de corte).

Para el fondo cono, las posiciones radiales se tratan como estribos y la posición circular como longitudinal determinando la longitud a cubrir como la multiplicación del radio medio y la cantidad de radios.

El foso de noria tiene la única particularidad que se arma por tramos, luego las armaduras verticales se definen como los estribos y las horizontales como longitudinales.

La lista correspondiente a las mallas, que se usan en las veredas y las tolvas resultan de un cómputo de superficie.

3.11. REVISIONES

Una vez comenzada la obra, durante el seguimiento de la misma es muy posible que surjan modificaciones por diferentes cuestiones relacionadas a la puesta en obra de las tareas o cambios solicitados por el comitente. Ante estos cambios la obra inicial representada con los planos de ejecución va siendo modificada y se van realizando revisiones a los planos, como así también al presupuesto y a los cálculos según los cambios surgidos.

La obra se encuentra en ejecución al tiempo de escrito este informe y ya han surgido ciertas modificaciones que solo serán mencionadas dado que el seguimiento de la obra no fue realizado por el alumno.

El primer problema surgido en la puesta obra se presentó con las primeras excavaciones realizadas, encontrando en el suelo presencia de cantos rodados de gran porte no mencionados en el estudio de suelos. En la excavación de los pilotes al llegar a los 6 m se hizo imposible continuar debido a la presencia de un estrato desmoronable con cantos rodados que impedían estabilizar con lodos bentónicos ya que no podían ser retirados con el balde. Por lo que se decidió fundar sobre esa cota, se realizó el cálculo y se aumentó la cantidad de pilotes a 26 de 50 cm de diámetro.

Otra modificación fue la posición de una de las columnas de anclaje ya que la posición inicial propuesta por el comitente se encontraba en una zona deprimida del terreno resultando baja la altura de anclaje.

A pedido del comitente también se modificaron los niveles de veredas y bases.

Es de interés aclarar que ninguna de estas modificaciones repercutió de manera significativa en el precio de la obra.

3.12. DE LA PUESTA EN OBRA

Se presentan fotografías de la puesta en obra hasta el momento de la redacción de este informe, las mismas son enviadas por el Jefe de Obra ya que lamentablemente el alumno no ha tenido la posibilidad de realizar una visita en persona a la obra debido a su ubicación.

En Fig. 3.29 se muestran los trabajos de movimiento de suelos, como se observa la superficie a cubrir es grande y denota la magnitud de los volúmenes que hubiera significado una profundidad de 2,5 m como estaba previsto para la fundación por zapata. Luego en la Fig. 3.30 se observan los cantos rodados que impidieron llegar a la cota de fondo original.



Fig. 3.29 Movimiento de suelos



Fig. 3.30 Cantos rodados

En las Fig. 3.31 y Fig. 3.32 se puede ver la pilotera excavando y los pilotes ya terminados con el diámetro de 50 cm que surgió del cambio de cota de fundación.



Fig. 3.31 Pilotera



Fig. 3.32 Pilote

Las próximas fotografías muestran la ejecución del foso de noria. La Fig. 3.33 muestra la excavación del primer tramo que se realiza con la retro y luego se emparea a mano, en la

Fig. 3.34 se observa la disposición del encofrado circular y la importancia de la estructura propia.



Fig. 3.33 Excavación foso de noria

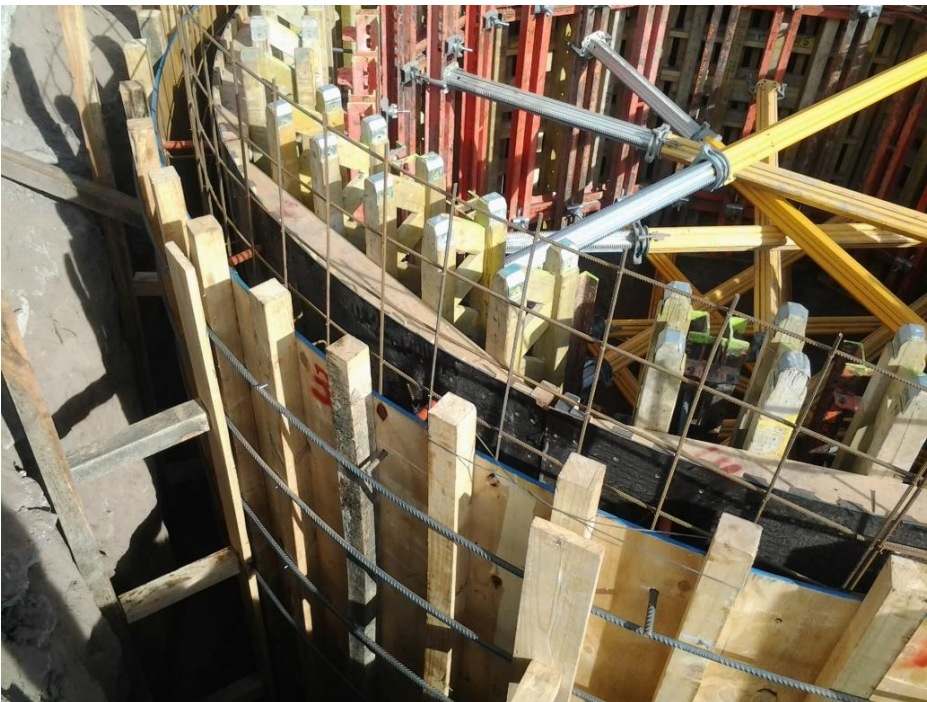


Fig. 3.34 Encofrado circular foso de noria

Ya en la Fig. 3.35 se han realizado dos tramos, lo que significa que el encofrado se armó y desarmó dos veces, y se observa cómo se excava debajo del tabique para lograr que

descienda por su propio peso, también se puede apreciar la armadura en espera para el fondo y para el próximo tramo de tabique. En la Fig. 3.36 se muestra como se retira la tierra excavada con la ayuda de la pala mecánica “oruga”.



Fig. 3.35 Excavación para descenso de foso de noria



Fig. 3.36 Retiro de suelo de foso de noria

A continuación se muestran fotos de la realización de los fondos cono de los silos y de las vigas anillo. El fondo se excava en primera instancia con la "oruga" y luego se perfila a mano como se ve en la Fig. 3.37 guiados los operarios por la regla.



Fig. 3.37 Perfilado de fondo cono de silos



Fig. 3.38 Fundación de Silos

En la Fig. 3.38 se puede observar como la obra avanza en distintos frentes, y mientras un silo (el que se observa de fondo) ya se encuentra con la viga anillo hormigonada y se trabaja sobre el fondo, en el otro se ven los pelos de los pilotes y el hormigón de limpieza bajo la viga anillo listos para recibirla y el fondo recién perfilado, más atrás se ve la “oruga” retirando tierra del foso.

Más adelante en las Fig. 3.39 y Fig. 3.40 se observa la viga anillo todavía encofrada y una vez ya desencofrada, en ambas se aprecian unos pequeños pelos de espera que son para formar un borde elevado que protege el silo del ingreso de agua.



Fig. 3.39 Encofrado viga anillo



Fig. 3.40 Viga anillo

Cuando las vigas se encuentran hormigonadas se prosigue con el colado del hormigón de limpieza del fondo como se aprecia en la Fig. 3.41. En la Fig. 3.42 se ve que una vez que empieza a fraguar el hormigón de limpieza se van colocando las armaduras y al mismo tiempo se realiza el relleno de barro cemento entre viga anillo y fondo cono.



Fig. 3.41 Colado de hormigón de limpieza en fondo cono



Fig. 3.42 Barro cemento y armaduras en fondo cono

Una vez colado el barro cemento se terminan de colocar las armaduras y se procede al hormigonado del fondo, tarea ya más delicada, en la Fig. 3.43 se observa el colado y se puede apreciar el uso de la regla sobre unos anillos previamente colocados para guiar el espesor del fondo, luego en la Fig. 3.44 se observa la ejecución de la carpeta de terminación del fondo y el regador próximo para el curado del hormigón.



Fig. 3.43 Colado de hormigón fondo cono



Fig. 3.44 Carpeta de terminación fondo cono

Finalmente la Fig. 3.45 presenta la fundación de los silos con las últimas tareas, se vuelve a ver el regador y en primer plano si se observa atentamente se ven los nichos para la recepción de las columnas del silo y el cordón de borde encofrado.



Fig. 3.45 Fundación de Silos

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la realización de la Práctica Profesional Supervisada y la confección de este informe el alumno ha llegado a cumplir los objetivos planteados al comienzo de la misma.

Aunque el presente informe abarca sólo un proyecto realizado durante el transcurso de esta práctica, no ha sido el único, los demás proyectos tratados han estado mayoritariamente en relación a la selección y cálculo de fundaciones para obras de naturalezas varias. Gracias a esto el alumno ha logrado entender y naturalizar la interacción suelo-estructura para diferentes solicitaciones y necesidades, la forma de estudiar cada caso, y como modelar esa interacción en software de análisis estructural.

La inmersión en la actividad laboral ha sido positiva y un gran aporte para el alumno. Se han formado y profundizado conceptos no sólo relacionados a la ingeniería civil, sino también a la manera de encarar un proyecto en comunicación con las diferentes partes y a la estructura de trabajo de una empresa.

En relación al manejo de la información, tema no abarcado en este informe, se puede afirmar que la empresa cuenta con un eficiente sistema almacenamiento de archivos estandarizado, facilitando la búsqueda y la disposición de la información.

Como conclusión, la realización de esta práctica ha sido una experiencia más que grata en lo personal y un gran aporte en lo profesional, he alcanzado una profundización y agilización mental y práctica ya sea para el análisis del funcionamiento de una estructura o de la interacción suelo-estructura como también para el de análisis de proyectos en pos de una mejora económica.

En conocimiento de que muchas empresas constructoras cuentan con oficina técnica abocada sólo a la cotización de las obras, creo recomendable asignar, en lo posible, los recursos necesarios para la realización de ingeniería propia ya que resulta una herramienta de gran poder para la adquisición de las obras.

Para finalizar recomiendo al estudiante avanzado o al ingeniero recién recibido el ámbito de trabajo de la oficina técnica de una empresa constructora, como el mostrado en este caso, donde para cada proyecto se realiza una ingeniería propia en busca de las mejores soluciones constructivas y económicas, ya que el ejercicio en la misma abarca un amplio abanico de tareas y permite visualizar la relación entre el cálculo y la ejecución de las obras, resultando así de gran utilidad para la formación del profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- Isilar, "Silos Fijos Metálicos." [Online]. Available: <http://www.isilar.com.ar/es/silos-metalicos-fijos-isilar-sfi.html>
- J. Á. Jiménez Salas and L. del C. Perate, *Geotécnia y cimientos III, Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotécnia: segunda parte*. Rueda, 1980.
- J. C. Rosado and Civiles, "Estudio de Suelos," 2015.
- M. Chandías, *Cómputos y Presu puestos*. 2006.
- J. Ravenet Catalán, *Silos, Volume 1*. Reverte, 1992.
- Braja Das, *Principos de Ingeniería de Cimentaciones*, 2001.
- R. Terzariol y M. Zeballos, *Introducción y Selección de Fundaciones*, 2007.
- Cátedra Geotecnia III, *Guía de Trabajos Prácticos*, U.N.C.
- R. Terzariol, *Fundaciones Profundas*, 2007.
- Cátedra de Hormigón Armado y Pretensado, *Apunte Teórico Práctico*, U.N.C., 2000
- Reglamento CIRSOC 201, *Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*, INTI 1984.
- Reglamento INPRES CIRSOC 103, *Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistente Parte II: Construcciones de Hormigón Armado y Pretensado*, 1991.
- CIRSOC, *Ejemplos de Dimensionamiento de Estructuras de Hormigón Armado*, 1983.
- CIRSOC, *Datos para el Projectista de Hormigón Armado*, 1983.
- IRAM, *Cuaderno 220: Dimensionado de los Elementos de Hormigón y Hormigón Armado*, según DIN 1045, 1972.
- F. Ayuga, *Los Empujes del Material Almacenado en Silos*, Informes de la Construcción, Vol 46, No 436 (1995).
- A. Leoni y D. Skok, *Apunte de Empuje sobre Muros Rígidos*, Área Geotecnia UNLP.
- H. Camuzzi, A. Camuzzi, G. Dominguez, S. Chini y G. Neumann, *Almacenamiento y Práctica de Recibo*, Curso de Perito Clasificador de Cereales Oleaginosas y Legumbres, Agro Escuela Privada Córdoba.

ANEXOS

- Planos de Ejecución:
 - PG-01-Planta General
 - PG-02-Planta Replanteo Columnas de Anclaje
 - MS-01-Planta Movimiento de Suelos
 - MS-02-Corte Movimiento de Suelos
 - E-01-Cortes Silos
 - E-02-Foso de Noria
 - D-01-Detalles Silos y Columnas de Anclaje
 - D-02-Detalles Tolvas