



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*

*FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ACATLAN*



**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CIMBRA DESLIZANTE EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE SILOS DE LA 2da. LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
EN LA PLANTA DE CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES (CYCNA), AGS.**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
RUBÉN BENÍTEZ SÁNCHEZ**

**ASESOR:  
ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ**

**ENERO DE 2005**

*m. 339821*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

TEMAS	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.</b> .....	<b>3</b>
1.1 Ubicación de la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA) .....	4
1.2 Condiciones geológicas de la zona. ....	6
1.3 Elementos que constituyen una planta de cemento. ....	9
1.4 Conformación de la planta de Cementos y Concretos Nacionales y edificios aptos para la aplicación del sistema de cimbra deslizante. ....	13
<b>CAPÍTULO 2. SISTEMA DE CIMBRA DESLIZANTE.</b> .....	<b>18</b>
2.1 Antecedentes. ....	19
2.2 Descripción del sistema.....	20
2.3 Aplicación. ....	22
2.4 Sistemas de Izaje... ..	25
2.5 Elementos que constituyen el sistema de cimbra deslizante.....	30
2.6 Control de plomos. ....	40
<b>CAPÍTULO 3. SILO DE HOMOGENEIZACIÓN.</b> .....	<b>42</b>
3.1 Antecedentes. ....	43
3.2 Molde. ....	44
3.3 Sistema de rigidización. ....	45
3.4 Sistema de Izaje de plataforma de trabajo y molde.....	48
3.5 Plataformas de trabajo. ....	49
3.6 Elementos auxiliares. ....	51
3.7 Personal. ....	53
3.8 Concreto. ....	55

3.9 Acero de refuerzo. ....	57
3.10 Embebidos. ....	62
3.11 Cambio de sección. ....	64
<b>CAPÍTULO 4. SILOS DE CEMENTO. ....</b>	<b>68</b>
4.1 Antecedentes. ....	69
4.2 Molde. ....	70
4.3 Sistema de rigidización. ....	72
4.4 Sistema de izaje de plataforma de trabajo y molde. ....	76
4.5 Plataformas de trabajo. ....	78
4.6 Elementos auxiliares. ....	80
4.7 Personal. ....	83
4.8 Concreto. ....	84
4.9 Acero de refuerzo. ....	85
4.10 Embebidos. ....	90
4.11 Cambio de sección. ....	93
<b>CAPÍTULO 5. SILO DE CLINKER. ....</b>	<b>94</b>
5.1 Antecedentes. ....	95
5.2 Molde. ....	99
5.3 Sistema de rigidización. ....	100
5.4 Sistema de izaje de plataforma de trabajo y molde. ....	101
5.5 Sistema de izaje de techumbre. ....	106
5.6 Plataformas de trabajo. ....	115
5.7 Elementos auxiliares. ....	116
5.8 Personal. ....	118
5.9 Concreto. ....	119
5.10 Acero de refuerzo. ....	120
5.11 Sistema de Preefuerzo. ....	122

CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	128
GLOSARIO	
ANEXOS	

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Ingeniería Civil se ha integrado a diversas ramas de la economía del país, encontrando nuevos retos los cuales debe de solventar mediante nuevas técnicas o procesos constructivos, técnicas que deben ser innovadoras y buscar una mayor eficiencia en los nuevos trabajos; el sistema de cimbra deslizante es uno de tantos procesos constructivos poco difundidos, pero que nos ofrece estas características es por ello que en esta tesis se tratará de dar un panorama amplio acerca del mismo.

Al tener la oportunidad de trabajar con Medrano y Asociados Construcciones Internacional, una de las empresas constructoras que destaca en México por su calidad y experiencia en cuanto a los procesos constructivos en obras industriales y en especial con el sistema de cimbra deslizante, nace en mi la inquietud por desarrollar el presente trabajo con base en la experiencia obtenida en el tiempo laborado en dicha empresa.

Una de las industrias en las que la Ingeniería Civil a encontrado un medio para el desarrollo del sistema de cimbra deslizante es la cementera ya que sigue creciendo en el país creando nuevas plantas en diversos puntos del mismo, plantas que utilizan los silos en diversos procesos productivos.

El método de cimbra deslizante ofrece muchas ventajas en la construcción de silos, tal como ahorro en materiales, personal, tiempo, una mayor calidad y estética ofreciendo una economización en todos aspectos parámetros que en la actualidad es base fundamental para emprender cualquier proyecto.

El presente trabajo es una recopilación de datos relacionados con el tema de Cimbra deslizante y tiene como finalidad la de mostrar su aplicación para la construcción de Silos en la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA), en el estado de Aguascalientes.

Primero se mencionaran las características propias de la zona donde se ubico la planta de Cementos y concretos Nacionales (CYCNA), Ags. y como influyeron para su posterior asentamiento.

Al mismo tiempo se describirá como fue estructurada la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA), Ags., de que edificios constaba de acuerdo a los procesos productivos que debían ser llevados para la producción del cemento y de acuerdo a la configuración de los edificios cuales eran aptos para la aplicación del sistema de cimbra deslizante.

Posteriormente se mencionará como surge el sistema de cimbra deslizante, sus antecedentes, principio de operación y su campo de aplicación en la ingeniería civil, en especial en la construcción de grandes obras.

También se describe el proceso general que se debe seguir para la construcción de cada uno de los elementos que constituye al sistema de cimbra deslizante como son: el molde, el sistema de rigidización, sistema de izaje, plataformas de trabajo y sistema de nivelación.

Por último se mostrará como se aplicó el sistema de cimbra deslizante en tres edificios de la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA), como se adecuaron los diversos elementos del sistema a cada uno de ellos, que elementos se deben de considerar en los trabajos de colado continuo, que trabajos adicionales se tuvieron que realizar para el perfecto desarrollo del deslizado tanto los marcados por planos así como especificaciones, como los necesarios para optimizar tiempos.

Además de la aplicación del sistema de cimbra deslizante en los edificios de Silo de homogeneización, Silos de Cemento y Silo de clinker se describen casos particulares que intervinieron para la conformación de estos edificios, elementos que debían ser considerados debido a las especificaciones marcadas en planos.

En el caso del Silo de homogeneización y Silos de Cemento, se describen las adecuaciones y el proceso constructivo que se realizó al sistema de cimbra deslizante para el cambio de sección de muro en ambos. En los silos de Cemento también se abundará en como se conformó el sistema de cimbra deslizante para poder deslizar a los dos silos en conjunto. En el Silo de Clinker se mostrará el primer deslizado hecho en México en el cual se izó tanto al molde como a la techumbre, las diversas etapas que se llevaron a cabo para la realizar este proceso y los cuidados que se realizaron durante los trabajos de colado continuo.

# CAPÍTULO 1

# GENERALIDADES



### 1.1. Ubicación de la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA).

El estado de Aguascalientes situado en la parte sur de la mesa central, en México, tiene límites al norte, noreste y oeste con el estado de Zacatecas; al sur y sureste con el estado de Jalisco.

A continuación se muestra una tabla con los aspectos geográficos más relevantes del estado:

Nombre oficial del estado	Aguascalientes
Capital	Aguascalientes
Coordenadas geográficas extremas	Al norte 22° 27', al sur 21°38' de latitud norte; al este 101°53', al oeste 102°52' de longitud oeste.
Porcentaje territorial	El estado de Aguascalientes representa aproximadamente el 0.3% de la superficie del país.
Población Total	944,285
Población Hombres	456,533
Población Mujeres	487,752

**Tabla 1.1 Aspectos geográficos del estado de Aguascalientes.**

El estado de Aguascalientes está conformado por 11 municipios de acuerdo a la siguiente distribución:

Municipio	Cabecera municipal
Aguascalientes	Aguascalientes
Asientos	Asientos
Calvillo	Calvillo
Cosío	Cosío
Jesús María	Jesús María
Pabellón de Arteaga	Pabellón de Arteaga
Rincón de Romos	Rincón de Romos
San José de Gracia	San José de Gracia
Tepezalá	Tepezalá
Llano, El	Palo Alto
San Francisco de los Romo	San Francisco de los Romo

**Tabla 1.2 Municipios y cabeceras municipales del estado de Aguascalientes.**

## Tepezalá.

De los municipios antes mencionados el de interés para nuestro estudio es el de Tepezalá ya aquí se encuentra ubicada la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA), en la comunidad Arroyo Hondo, sobre la carretera Carboneras – Arroyo Hondo Km 4.

A 75 kilómetros al noreste de la ciudad de Aguascalientes se localiza el pueblo de Tepezalá. El sitio fue fundado por Juan de Tolosa en 1546, y se elevó a la categoría de municipio en 1857. Su nombre significa entre dos cerros, por estar situada al pie del cerro de San Juan.

En un principio fue una sencilla fortaleza militar, avanzada de la conquista española por estas regiones, que tenía la finalidad primordial de cuidar que los "caminos de la plata" no fueran atacados por los temibles indios chichimecas.

Durante un tiempo la importancia de Tepezalá radicó en sus yacimientos de minerales preciosos (siglo XVII). El principal metal extraído es el cobre, explotado en forma magistral para utilizarse como amalgama de la plata. En esta mina también se procesa plomo, zinc y cobre de otras minas cercanas.

Latitud Norte		Latitud Oeste		Altitud msnm
Grados	Minutos	Grados	Minutos	
22	13	102	10	2090

**Tabla 1.3 Coordenadas geográficas y altitud del municipio de Tepezalá.  
msnm: metros sobre el nivel del mar.**

Aspectos sociodemográficos:

Hombres (%)	Menores de 15 años(%)	De 15 a 64 años (%)	Tasa media de crecimiento anual 1990-2000 (%)
48.4	41.0	53.1	1.1

**Tabla 1.4 Indicadores de Población.**

Indicadores de vivienda:

Total de viviendas	Con energía eléctrica (%)	Con agua entubada b/ (%)	Con drenaje (%)	Ocupantes por vivienda
3,152	95.8	96.2	83.4	5.2

**Tabla 1.5 Indicadores de vivienda.**

### Localidades principales.

Tepezalá cuenta en la actualidad con 22 comunidades que son: Tepezalá, San Rafael, El puerto de la Concepción, El Tepozán, Caldera, El Refugio, Carboneras, El Gigante, Arroyo Hondo, La victoria, El Águila, San Antonio, El Carmen, El Porvenir, Alamitos, Colonia los Hornos, El Barranco, Colonia Progreso, El Llano, El Chayote, Ojo de agua y Mesillas.

En el siguiente esquema se muestra la ubicación de las poblaciones más cercanas a la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA).

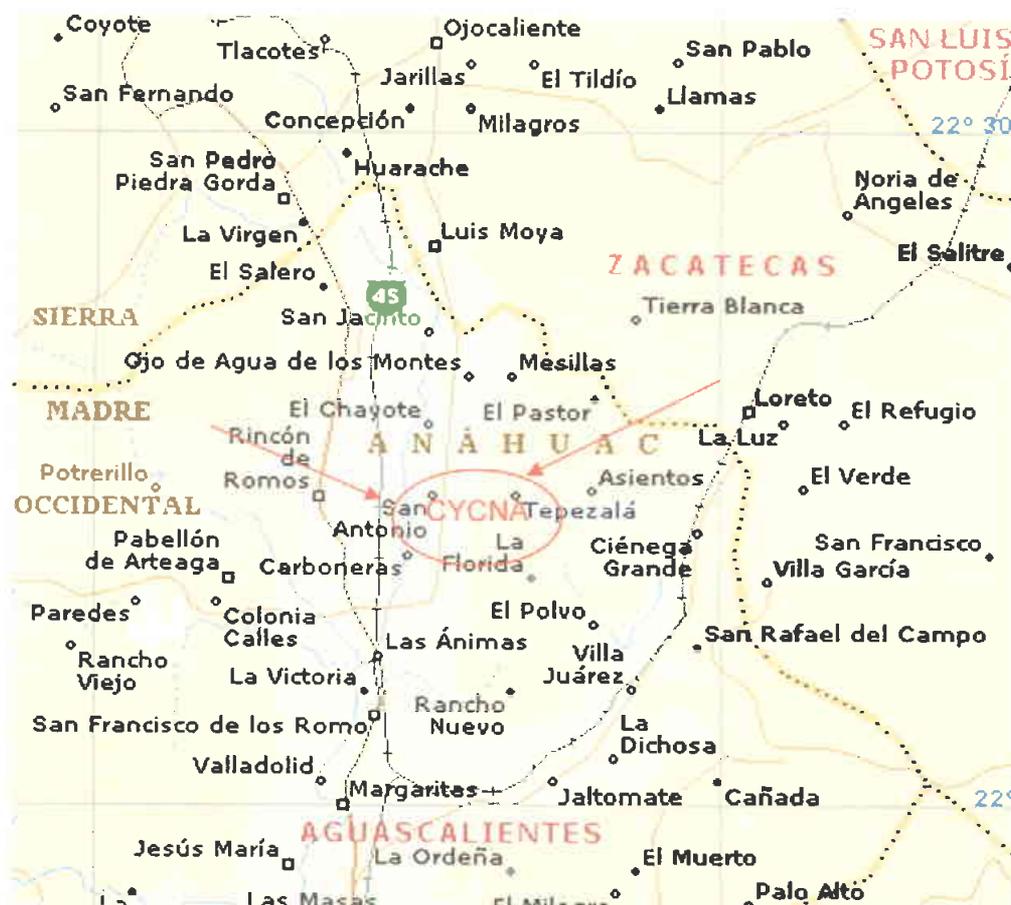


Fig. 1.1 Ubicación de la planta CYCNA.

## 1.2. Condiciones geológicas de la zona.

El conocimiento de la geología de una entidad es importante como factor de desarrollo económico ya que de esta información pueden derivarse proyectos que vengán a satisfacer necesidades regionales.

El estado de Aguascalientes está comprendido dentro de tres grandes provincias geológicas que son: La Sierra Madre Occidental, La mesa del Centro y El Eje Neovolcánico (Fig 1.2.).

Las rocas que predominan en la entidad son las rocas ígneas extrusivas ácidas (riolitas y tobas). Le siguen en importancia las rocas sedimentarias de origen continental (areniscas y conglomerados) del terciario.

Dentro del estado existen afloramientos de rocas sedimentarias marinas del cretácico (calizas, calizas lutitas y areniscas lutitas). Éstas son importantes económicamente por ser las rocas almacenadoras de la mineralización en los distritos mineros localizados (Asientos – Tepezalá). Además existen rocas metamórficas del triásico y del jurásico, aunque constituyen pequeños afloramientos.

Las rocas ígneas intrusivas están íntimamente relacionadas con la mineralización y se encuentran representadas por dos pequeños cuerpos que afectaron deformando y mineralizando a las rocas sedimentarias en la zona de Asientos y Tepezalá.

Los depósitos aluviales del cuaternario aparecen rellenando los principales valles del estado.

### **Provincia sierra madre occidental.**

Esta provincia ocupa la porción occidental del estado. Limita al oriente con la mesa del centro y hacia el sur con el eje neovolcánico.

Las rocas más antiguas de Aguascalientes se encuentran en ésta provincia. Son pequeños afloramientos de rocas metamórficas (esquistos) del jurásico. Sin embargo esta provincia en la parte que comprende al estado de Aguascalientes, está constituida principalmente por rocas del terciario, de origen volcánico, predominando las de composición ácida (riolitas, tobas e ignimbritas), aunque también existen algunos derrames de rocas ígneas extrusivas básicas.

En orden de importancia siguen los depósitos sedimentarios de tipo continental, constituidos por areniscas, conglomerados y la asociación de ambos.

Por último los depósitos aluviales del cuaternario rellenaron algunos valles de esta provincia.

Las principales estructuras que se presentan en esta porción de la provincia son fallas de tipo normal fracturas y coladas de lava.

### *Geología Económica.*

La actividad minera en esta porción de la provincia es mínima, pues queda reducida a la explotación de estaño por los gambusinos, por lo tanto, el mineral extraído, así como las obras mineras son de poca importancia.

### **Provincia mesa del centro.**

Esta provincia abarca la porción oriental del estado, sus límites son: hacia el occidente la Sierra Madre Occidental y hacia el sureste el eje neovolcánico.

Las rocas más antiguas de esta provincia son rocas sedimentarias de origen marino constituidas por caliza, caliza – lutita y lutita – arenisca. Del terciario afloran algunos cuerpos de rocas ígneas intrusivas ácidas que han afectado, mineralizándolas, a las rocas del cretácico, que afloran en las cercanías de Tepezalá y Asientos.

También del terciario existen rocas ígneas extrusivas ácidas que aparecen subyaciendo a depósitos clásticos continentales (arenisca, conglomerado, y arenisca – conglomerado).

En esta provincia son abundantes los depósitos aluviales del cuaternario, que se encuentran en los valles existentes.

Las estructuras geológicas más importantes en esta parte de la provincia son dos pequeños cuerpos intrusivos mineralizantes, una falla regional, algunas coladas de lava y pequeñas fracturas que en algunos casos han sido mineralizadas.

#### *Geología Económica.*

En esta provincia donde se encuentra el distrito minero de Asientos – Tepezalá, el cual está representado por varias minas de las cuales se extraen principalmente plata, cobre, plomo, zinc, oro y hierro. Además existen explotaciones de fosforita y fluorita a baja escala.

El origen de los yacimientos está asociado con soluciones hidrotermales que han rellenado fracturas, por lo que se presentan en forma de vetas.

#### **Provincia eje neovolcánico.**

Esta provincia comprende la porción sur del estado. Limita al norte con la Sierra Madre Occidental y hacia el noreste con la Mesa del Centro.

En esta provincia afloran rocas sedimentarias marinas del cretácico (caliza–lutita), cubiertas por depósitos continentales de terciario (arenisca y arenisca conglomerado) provenientes de la disgregación de las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental, así como algunos afloramientos de rocas extrusivas ácidas.

Del cuaternario son los depósitos de aluvión que rellenan pequeños valles de la provincia.

Las estructuras geológicas que se encuentran en ésta porción de la provincia son coladas de lava y pequeñas fracturas.

#### *Geología Económica*

En esta parte de la provincia no existen manifestaciones de minerales económicamente explotables.



**Fig. 1.2 Características geológicas del estado de Aguascalientes.**

### 1.3. Elementos que constituyen una planta de cemento.

La composición del crudo de cemento Pórtland está formada esencialmente por silicatos cálcicos. Por lo tanto sus materiales de partida estarán formados por calizas con un 85% y por productos aportadores de sílice, como las arcillas y las margas, que a su vez aportan alúmina y hierro.

## **Materias Primas.**

El primer elemento a considerar en una planta de cemento es la obtención de las materias primas. La apertura de las canteras de caliza se efectúa a cielo abierto, llevando a cabo un desmoronamiento previo de las zonas, que según el plan previsto, han de ser el comienzo de la explotación.

Las técnicas para proceder a las voladuras se practican por varios sistemas: el de mayor envergadura a base de perforaciones por sistemas mecánicos de percusión. El inconveniente que posee el sistema es la transmisión de fuertes ondas expansivas que obligan a trabajar solo en lugares alejados de la población e instalaciones.

La perforaciones por sistema de rotación son mas flexibles y permiten ser dirigidas en cualquier dirección y adecuadas, en principio, para rocas de dureza media. Este sistema solo se aplica para la extracción de testigos en los sondeos de investigación previa.

Los sistemas de rotación y percusión simultánea permiten un mejor rendimiento y mayor flexibilidad. En el trabajo normal de arranque de piedra caliza, se tiende a efectuar perforaciones de 20 a 25 m.

El material depositado en la base de la cantera después del arranque es transportado a la operación siguiente de machaqueo para producir una granulometría conveniente para su manejo en la prehomogeneización.

Esta operación de machaqueo se divide en dos etapas: primaria y secundaria.

La primera etapa se efectuará con machacadoras, ya sea de mandíbulas o de conos, provistas de forros dentados. Los tamaños del material de entrada oscilan entre 60-80 cm y son reducidos a diámetros comprendidos entre 10 y 20 cm, según el tipo de maquinaria.

En una segunda etapa se consigue una nueva reducción de tamaño hasta aproximadamente 1 cm de diámetro. Se emplea según el tipo y características del material, machacadoras de martillo o bien de impactos, cuando el material no tiene plasticidad.

## **El crudo**

Elegidas las materias primas para obtener una composición adecuada es conveniente que sean técnicamente constantes en el transcurso de su producción.

Esto se consigue mediante sistemas de prehomogeneización que permiten apilar el material calizo en stocks de la siguiente manera: una cinta transportadora móvil deposita constantemente material, del tamaño granulométrico derivado del machaqueo secundario, desplazándose, a su vez mediante un sistema de rieles por toda la longitud del almacenamiento y retrocediendo alternativamente al llegar al final de cada extremo. Se forma así un depósito de material formado por capas en sentido longitudinal.

Cuando el almacenamiento se ha terminado, mediante una rueda de cangilones se empieza a extraer material del depósito en forma transversal, y por tanto, perpendicular a la dirección de su formación para compensar al máximo sus variaciones de composición.

Las otras materias primas son generalmente arcillas y/o areniscas que formarán parte del crudo como componentes minoritarios o correctores.

Reunidas las materias que formarán el crudo cerca de las instalaciones de molienda mediante los correspondientes sistemas de transporte, se procede a la dosificación del crudo.

Este proceso se lleva a cabo mediante básculas de dosificación que regulan las cantidades de los materiales para obtener la mezcla de alimentación al molino de crudo.

La reducción del tamaño granulométrico de las materias primas dosificadas componentes del crudo se realiza en molinos a bolas de sistemas secadores con aires precalentados por intercambiador.

Los molinos son cilíndricos de acero recubiertos interiormente con placas de acero y dividido en su interior en dos o tres cámaras. En los molinos se forma un conjunto granulométrico de tres tamaños de diámetro: el máximo de 100 mm un intermedio de 60 mm y otro inferior de 20 mm.

En el proceso continuo de producción de un mismo crudo, surge la dificultad de conseguir la constancia de composición. La uniformidad de ésta es necesaria, por otra parte, para obtener luego la clinkerización regular ya que la temperatura requerida depende de la composición de crudo. Esta uniformidad se logra mediante la homogeneización en silos adecuados, con inyección de aire a presión.

### **La clinkerización**

El crudo obtenido con una composición regular es introducido por transporte neumático en el intercambiador de calor del horno. Este horno consiste en un sistema de ciclones por los que el crudo desciende a contracorriente de los gases ascendentes, resultantes de la combustión.

El horno rotatorio consiste en un tubo cilíndrico alargado, revestido interiormente en dos capas de material refractario. La longitud de los hornos con intercambiador oscila entre los 60 y 90 m. Los diámetros, entre 3 y 6 m y las pendientes para conseguir el avance de material por rotación, varían entre el 2 y el 5%. Se apoyan sobre bandas de rodadura concéntricas y accionados con sistemas de regulación de velocidad, según el grado de pendiente. El tiempo de permanencia del material en el interior del horno varía según las revoluciones por minuto y la inclinación.

La combustión del combustible permite establecer un gradiente de temperatura en el interior del horno, donde la temperatura máxima corresponde a la zona de la llama entre los 3 m y los 12 m, a partir de la salida de Clinker del horno. En esta zona, donde tiene lugar la clinkerización, se produce el valor máximo del intercambio calorífico llama-clinker.

La secuencia de reacciones principales que tiene lugar en función de la temperatura, se puede resumir así:

A partir de los 100° C tiene lugar la evaporación del agua hidrocópica. A partir de los 400° la pérdida del agua de cristalización de los materiales de la arcilla y su desdoblamiento en óxidos libres. A partir de los 800° C la descarbonatización de la caliza. A partir de los 900° C, la formación de aluminatos y ferroaluminatos; hasta los 1200° C, formación de silicatos en fase sólida, a partir de los 1280° C aparición del primer líquido y reacción seguida de disolución de las fases sólidas existentes, hasta la temperatura máxima que alcanza el Clinker, de 1500° a 1600° C. A partir de ese momento, sigue e curso de enfriamiento con los procesos de cristalización.

En el proceso de enfriamiento de Clinker se deben distinguir dos periodos: uno el que decide la cristalización final de sus fases y que ocurre a la temperatura de solidificación de la fase líquida al rededor de los 1280° C dentro del horno. Otro, es el enfriamiento del clinker, que ya no posee fase líquida desde unos 1150° C a la salida del horno hasta la temperatura de 300° C en que sale del enfriador.

El proceso se realiza en sistemas ideados que permite que la entrada del aire frío atraviese las capas del clinker en avances sobre parrillas de acero inoxidable. El aire resultante precalentado sirve, a su vez, para la combustión.

El clinker es recogido por sistemas de transporte y llevado a naves a cubierto para evitar su posible meteorización.

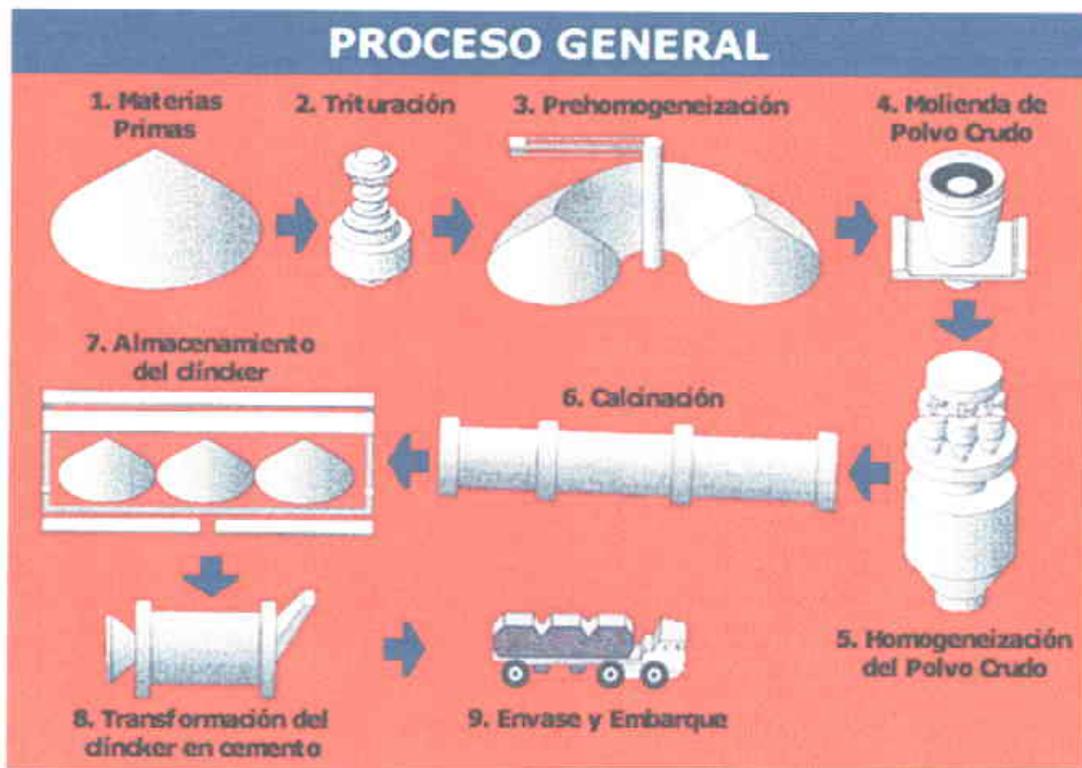
### **El acabado del cemento**

La molienda del clinker, conjuntamente con la adición de yeso del orden del 10%, dará lugar al cemento acabado.

Los molinos empleados son cilindros de acero con forro por placas de acero, generalmente con tres compartimentos separados por rejillas de paso, llenados aproximadamente a 1/3 de su volumen con bolas de tres tamaños granulométricos.

Cuando mejor es el diámetro en el último comportamiento, mayor grado se obtiene en el cemento. El grado de finura de un cemento decide, pues, su calidad y tipo de cemento.

Este cemento acabado es ensilado para efectuar luego la distribución en la forma conveniente de cada caso



*Fig. 1.3 Proceso general para la fabricación de cemento.*

#### **1.4 Conformación de la planta de cementos y concretos nacionales y edificios aptos para la aplicación del sistema de cimbra deslizante.**

De acuerdo a las condiciones geológicas del municipio de Tepezalá y la materia prima base para la fabricación del cemento (la caliza) es evidente el porque fue esta zona seleccionada para la ubicación de la planta de cementos y concretos nacionales (CYCNA).

La planta de cementos y concretos nacionales (CYCNA) está constituida por dos líneas de producción de cemento. En abril del 2000 se encendió el horno y en junio del mismo año iniciaron las salidas de cemento de la primer línea de producción, la segunda línea de producción inició sus operaciones en abril del 2004. Cuenta con una superficie de de aproximadamente 80 hectáreas y con una producción promedio de cemento Pórtland de 6300 toneladas diarias.

A continuación se presenta un listado de los edificios que conforman la planta y un plano de ubicación de los mismos de acuerdo a los sistemas productivos mencionados en el subtema 1.3.

PROCESO PRODUCTIVO	NOMBRE DEL EDIFICIO
Materias primas.	Yacimientos.
	Triturador de agregados.
	Centro triturador.
	Almacén de caliza.
Prehomogeneización circular y transporte.	Tolvas de molino de crudo.
	Puente de cinta transportadora a estación de paso 1.
	Estación de paso 1
	Puente de cinta transportadora a estación de paso 2.
	Estación de paso 2.
	Puente de cinta transportadora de Estación de paso 1 a Estación de paso 2.
	Transporte doble de estación de paso 2.
Almacenamiento de molino crudo.	Tolvas de molino crudo.
	Puente de cinta transportado a molino de crudo.
Molienda de crudo.	Edificio del molino de crudo.
	Sopote de ducto y ventilador.
	Ventilador del molino.
	Filtro de mangas.
	Ventilador del filtro.
	Chimenea.
Trasporte de harina crudo.	Soporte por el aerodeslizador.
	Soporte polvo de horno.
	Soporte por el elevador de capucho.
	Soporte por el aerodeslizador fluidor.
Homogeneización de harina crudo.	Silo de harina cruda
Dosificación de harina crudo.	Elevadores de capucho y estructura de soporte.
Precalentador, horno, enfriador.	Torre del precalentador.
	Ventilador.

	Machinos de horno.
	Edificio de enfriador de clinker.
	Enfriador tiro forzado.
	Transportador de paletas.
	Soporte por ducto a ventilador.
	Ventilador del enfriador.
	Soporte por tubería del aire caliente.
	Soporte por tubería del aire caliente del molino 1-2 a molino 3-4.
Transporte de almacén de clinker.	Armadura y galería para el transportador de clinker.
	Estructura cuartel de entrada de clinker.
	Silo de clinker.
	Armadura y galería para transporte de clinker a silo de clinker incosido.
	Silo de clinker incosido.
	Soporte por cinta transportadora de silo de clinker a tolvas de alimentación al molino de cemento.
Almacenamiento de molino y molinos de cemento.	Soporte para transporte de aditivos.
	Edificio de Tolvas de almacenamiento a molino de cemento.
	Puente de transportadoras de tolvas de alimentación a molinos de cemento.
	Edificios de molinos.
	Soporte para filtro de molinos de cemento.
	Calefactor.
	Soporte para tubería de molinos.
	Ventilador de filtro de molino.
	Chimenea.
Transporte de cemento.	Fluidores de molino.
	Edificio de homogeneización y despacho.
	Elevadores de cangilones.

Silos de cemento.	Silos de Cemento .
	Transportador de cemento de silos a envasadora y paletizadora.
Envasado	Envasadora y paletizadora.
Red de aire comprimido.	Sala de compresores.
Sistema de agua de enfriamiento.	Sala de bombas de agua.
Eléctrico.	Galería de Servicio, ruta de cables, tubería de aire comprimido, agua contraincendio, combustóleo.
	Subestación molino de crudo.
	Subestación precalentador.
	Subestación enfriador.
	Salas eléctricas de molino de cemento
Servicios.	Galería de servicio de edificio de tolvas de molino de crudo a recepción de combustóleo.
	Recepción de combustóleo y estación de bombas.
	Tanque de combustóleo.

**Tabla 1.6 Edificios que conforman la planta de Cementos y concretos Nacionales (CYCNA), Ags.**

En general la mayoría de los edificios antes mencionados son construcciones menores tales como soportes, cimentaciones, bases con dados para la colocación de estructura metálica. Lo que corresponde a estructuras de concreto armado de mayor envergadura están las siguientes: Molinos de crudo, Molinos de cemento, Silo de homogeneización, Torre de precalentador, Enfriador, Silo de clinker, Silos de Cemento, Paletizadora, Salas eléctricas, Silo de incosido.

A continuación se detallaran las características de los edificios antes mencionados para definir sus ventajas y desventajas en la aplicación del sistema de cimbra deslizante.

**Molinos de crudo y de cemento:** En estos edificios en realidad solo la cimentación y diversas salas de controles son de concreto armado, al llegar al nivel de terreno natural se dejan anclas para la instalación de marcos de estructura metálica a diversos niveles por lo cual no es aplicable el sistema de cimbra deslizante debido a su poca uniformidad.

**Silo de Homogeneización:** Es un edificio cilíndrico, el cual comprende cimentación y superestructura de concreto armado, en su interior contiene elementos como un cono

invertido e instalación de estructura metálica. Es aplicable el sistema de cimbra deslizante ya que ahorra en tiempo la ejecución de sus muros y tiene poca variación en cuanto a su fisonomía.

**Torre de Precalentador:** Es un edificio que comprende cimentación, columnas, trabes y losas de entrepiso de concreto armado con una altura de 119 m. Es aplicable el sistema de cimbra deslizante salvo que las columnas a medida que aumenta la altura sus dimensiones se van reduciendo por lo que es muy difícil llevar a cabo el proceso.

**Enfriador:** Se constituye por cimentación de concreto armado y por diversos cuartos de control, al llegar al nivel de terreno natural sobresalen diversas columnas y una losa de terminación. En su interior tiene diversos elementos mecánicos para llevar a cabo el proceso de enfriamiento del clinker. En este edificio no es conveniente aplicar el sistema de cimbra deslizante por que en los diversos niveles que contiene cambia mucho la configuración de muros y sus alturas no son tan relevantes.

**Silo de clinker:** Es un edificio el cual debe ser construido en fases primero un túnel que servirá de descarga del clinker, posteriormente un relleno con armado de cono y posterior a estos procesos la cimentación y muros del silo. El sistema de cimbra deslizante es aplicable para la construcción de sus muros ya que es eficaz en tiempo y en ahorro de materiales.

**Silos de Cemento:** Tienen una configuración semejante al silo de homogeneización, cambia su altura que es menor y la conformación de sus elementos en el interior. Es aplicable el sistema de cimbra deslizante ya que ahorra en tiempo la ejecución y materiales.

**Paletizadora:** Se constituye por una cimentación de concreto armado y diversos niveles de entrepiso; a partir de la cimentación se dejan diversos dados con anclas para la colocación de marcos de acero a partir de las cuales se construyen losas de concreto armado. No es aplicable el sistema de cimbra deslizante ya que solo la cimentación es de concreto armado y a partir de esta los elementos más importantes son de acero.

**Salas eléctricas:** Las diversas salas eléctricas son edificios de 2 niveles en los cuales solo la cimentación es de concreto armado a partir de ahí las columnas toman la carga y se construyen diversos muros divisorios de block. Por ello el sistema de cimbra deslizante no es aplicable ya que solo la cimentación esta constituida de concreto armado.

**Silo de incosido:** constituido por cimentación de concreto armado con anclas de acero para recibir a la superestructura metálica la cual tendrá inmersa una tolva de acero. La constitución de este edificio es a través de elementos aislados de materiales diferentes por lo cual no es aplicable el sistema de cimbra deslizante.

# CAPÍTULO 2

## SISTEMA DE CIMBRA DESLIZANTE



## 2.1 Antecedentes.

La construcción de estructuras verticales de concreto se ha venido realizando desde principios del siglo pasado utilizando el método convencional de cimbra estacionaria. A medida que ha pasado el tiempo los sistemas constructivos se han ido perfeccionando dando como resultado una reducción en las dimensiones de los moldes para el colado de estructuras verticales, logrando con esto un abatimiento de los costos del mismo; y consecuentemente se incrementa la obra falsa y surgen problemas de juntas frías, mala apariencia de acabados.

Estos problemas motivaron a ingenieros alemanes alrededor de 1920 a pensar en un molde de altura conveniente para que existiera un tiempo suficiente de fraguado en la parte inferior del concreto, cuando el molde este siendo llenado, una vez concluida la operación puede ser levantado por medios mecánicos y con esto lograr un colado continuo. Se determinó que un molde de 1.50 m de altura y gatos mecánicos de tornillo, espaciados de tal forma que sean capaces de romper la fricción que se origina entre el concreto fresco y las paredes molde, se lograrían los resultados deseados.

Los gatos son diseñados de tal forma que jalan el molde hacia arriba apoyándose en un barra de acero redonda que se desplanta desde la cimentación hasta una altura final de la estructura. A este proceso constructivo se le denomina Cimbra deslizante.

La primera aplicación que se le dio a este sistema fue en silos en 1924 en Alemania y en Rusia. Posteriormente en 1931 se aplicó en Alemania para la construcción de una torre de un tanque elevado para almacenamiento de agua. A partir de esta fecha, se sustituyeron los gatos mecánicos por los automáticos debido a los inconvenientes que presentaban los primeros, ya que en obras de mayor magnitud donde existía un número considerable de gatos un operador manejaba 4 o 5 gatos a la vez y se tenía que contratar un número considerable de personas por cada turno de trabajo solo para la operación de los gatos, además no todos los gatos levantaban al mismo tiempo la cimbra, provocando deformaciones e irregularidades tanto en el acabado como en el molde, causando desplomes y giros en la estructura.

Con el sistema de gatos automáticos se evitaron estos problemas ya que se necesitaba un solo operador para accionar un sistema de propulsión que impulsa a los gatos a elevarse al mismo tiempo teniendo así un ascenso uniforme de la cimbra.

Con el sistema de gatos automáticos, en 1932 se construyeron en Alemania chimeneas en forma cilíndrica, en 1933 un dique, y en 1939 se aplicó el sistema para la construcción de torres para faros.

A mediados de 1949 se empezó a tomar un mayor interés para desarrollar medios mas eficaces para el izaje de las cimbras deslizantes, tomando como objeto la mecanización completa de ellas, y de la automatización absoluta de las maniobras necesarias con el fin de lograr un izaje uniforme en todos los puntos de la cimbra deslizante, eliminando así el alto costo de la mano de obra. Pronto se diseño un práctico gato escalador, el cual podía operarse desde un solo punto central, sin importar el número de estos. Este tipo de gatos están diseñados para ascender por medio de impulsos hidráulicos o con ciertos arreglos por medios neumáticos.

Después de que se hubo despertado considerable interés, debido a un gran número de trabajos de cimbras deslizantes, efectuados en Suecia durante los años de 1949 y 1950, pronto se dio a conocer más ampliamente el sistema de cimbra deslizante. En México el sistema se ha usado para la construcción de silos, pilas, torres, tanques elevados, todas estas estructuras siendo de sección transversal constante en toda la altura.

## **2.2 Descripción del sistema.**

El sistema de cimbra deslizante esta compuesto fundamentalmente por dos elementos que son: la cimbra de contacto o molde y el sistema de elevación.

La cimbra de contacto o molde esta compuesta fundamentalmente por el forro y la cercha además de este elemento dependen las plataformas de trabajo y otros elementos. El molde puede ser de madera, metálico o mixto, sus dimensiones oscilan entre 1.0 m a 1.20 m.

El sistema de elevación está formado principalmente, por un equipo de propulsión que trasmite impulsos a los gatos, que mediante un sistema de resortes y muelas acondicionadas en su interior, suben por barras metálicas apoyadas en la superficie de desplante de la estructura que se construirá, y debido a la unión que existe de este sistema con la cimbra se logra el movimiento de la misma. La unión de la cimbra con el sistema de elevación se realiza por medio de un marco rígido ya sea de madera o acero.

Una vez instalado el molde y el sistema de elevación se vierte el concreto en la cimbra y a medida que endurece, se levanta progresivamente la cimbra arrastrada por los sistemas de elevación de los que esta colgada, los cuales suben sobre barras de acero.

Los principios bajo los cuales re rigen las cimbras deslizantes son los siguientes:

I. La cimbra deslizante debe estar provista del espacio necesario para el vertido del concreto. Deberá alojar las diversas plataformas de trabajo tanto para acabados como para colocación de acero y embebidos. Contará con un sistema de izaje del cual dependerá el movimiento de toda la cimbra.

II. Contará con un sistema de control de giros y desplomes compuesto por sistemas de niveles de agua y plomadas u otros dispositivos que garanticen la correcta ejecución de los trabajos.

III. El sistema de cimbra deslizante esta concebido para poder realizar diversos procesos constructivos simultáneos sin que haya necesidad de realizar pausas durante la ejecución del izaje.

IV. Apoyo del peso del conjunto de la instalación por medios de dispositivos de elevación constituyéndolo una serie de barras de acero que descansan directamente en el concreto endurecido.

V. El vertido del concreto se debe realizar desde poca altura con respecto a la cimbra, en capas delgadas de 10 cm a 20 cm lo que permite su óptima compactación y la aplicación de una nueva capa antes de que haya fraguado la precedente, de esta forma resulta monolítica sin juntas de colado.

VI. Mecanización, en la mayor medida que sea posible, de las operaciones de preparación, transporte, elevación y puesta en obra de todos los materiales para la construcción de la obra.

VII. Debe haber posibilidad de modificar la sección de la construcción lo largo de la altura, modificando la cimbra deslizante durante la obra y adaptándole una serie de dispositivos especiales.

### **Ventajas y condiciones de aplicación de la cimbra deslizante.**

A continuación se mostraran las principales ventajas que presenta un sistema de cimbra deslizante:

- a) Se realizan simultáneamente numerosas opciones que con otros métodos de construcción se realizan sucesivamente, lo que conduce a una reducción en su ejecución.
- b) Se suprimen los tiempos muertos fijando el paso de la cadena tecnológica y dimensionando todos los medios en función de este paso, lo que asegura continuidad de trabajo.
- c) Se consigue una gran velocidad de ejecución, alcanzando un avance de 3.0 m a 6.0 m por día, armado y colado, velocidad que no puede alcanzarse mediante otro sistema.
- d) Se alcanza una calidad superior de obra, evitando juntas obteniendo un acabado uniforme debido a su ejecución monolítica.
- e) Se obtiene un gran número de reutilizaciones, los materiales utilizados se ocupan en varias obras idénticas o la aplicación para otros procesos constructivos.
- f) Se crea la posibilidad de realizar piezas estandarizadas de una gran parte de los elementos de cimbra deslizante que son independientes del edificio que se construya por ejemplo piernas, yugos, sistemas de nivelación, gatos, entre otros. De esta manera se equipa a las empresas constructoras y se consiguen economizar en materiales.
- g) Se hace posible la ejecución de obras a gran altura sin la utilización de elementos auxiliares como andamios.
- h) Se obtienen ahorros en mano de obra por un lado mecanizando diversas operaciones durante la ejecución y mediante la implementación de esta mano de obra en un lapso menor de tiempo.

## **Condiciones de aplicación.**

Existe una gran serie de elementos que deben ser tomados en cuenta para la aplicación de este sistema lo cual nos conducirá a mejores resultados durante la aplicación del sistema de cimbra deslizante.

1. El diseño de la cimbra deslizante deberá ser realizado por ingenieros competentes que conozcan a fondo el sistema de cimbra deslizante.
2. La ejecución de los trabajos deberá ser dirigida por ingenieros que hayan aplicado ya el sistema. Además se deberá contar con personal especializado para el izaje de la cimbra.
3. La obra debe disponer de personal en número suficiente para asegurar la continuidad del trabajo de día y noche para evitar interrupciones en los trabajos.
4. La cimbra debe ser fabricada y montada de acuerdo a las tolerancias marcadas como mínimas llevando una supervisión de los trabajos.
5. Se debe tener un buen sistema de nivelación y supervisión estricta para obtener una verticalidad correcta del elemento.
6. Se deberá llevar un control estricto de los materiales empleados para la construcción de la obra.
7. Se cuidaran que se coloquen correctamente los embebidos así como los recubrimientos marcados para acero.
8. Es recomendable el uso de este sistema para obras industriales que tengan una altura superior a 15 m y una sección horizontal constante.

## **2.3 Aplicación.**

El sistema de cimbra deslizante por las amplias posibilidades de adaptación y las ventajas que ofrece, tiene un vasto campo de aplicación, que comprende todos los tipos de construcción elevadas; es mas ventajoso cuanto mas alta es la obra y cuanto mayor sea el número de usos que se hagan de esta.

### *Silos.*

Los silos se caracterizan por la gran altura de sus células en relación con sus dimensiones en planta, y por el hecho de que sus paredes deben resistir el empuje de los materiales que almacenan, de manera que las paredes son de concreto con un gran refuerzo e incluso en ocasiones postensado o pretensado.

Según el número de células, los silos se clasifican:

*Silos unicelulares:* Compuestos por una sola célula donde por lo general el diámetro es grande y las paredes son pretensadas o postensada.

*Silos multicelulares:* Compuestos por varias células circulares, cuadradas o rectangulares; por lo general son utilizados para almacenamiento de cemento, granos, cereales, malta, harina, etc.

#### *Depósitos y cisternas.*

En general estas construcciones son de forma cilíndrica y a diferencia con los silos sus alturas son menores en relación con su diámetro, sus paredes pueden ser de concreto armado, pretensado o postensado.

#### *Torres industriales.*

En numerosas instalaciones industriales son necesarias torres con diferentes fisonomías por lo cual el sistema de cimbra deslizante es recomendable para llevar a cabo este tipo de tareas. Entre las más comunes tenemos: torres de granulación, de refrigeración, etc.

#### *Depósitos elevados de agua.*

Estas construcciones se caracterizan por una estructura de 15 a 30 m de altura, de concreto armado, que soportará en su parte superior un depósito en forma cilíndrica y por tanto es muy ventajoso el uso del sistema de cimbra deslizante. En caso de que el depósito tenga la misma dimensión que la torre soporte, sus paredes pueden hacerse también con el sistema de cimbra deslizante construyendo después el fondo.

#### *Obras de edificación.*

Para asegurar la reutilización suficiente de la cimbra deslizante, son necesarias 7 o 8 obras idénticas de 7 u 8 plantas, así se alcanza una altura de deslizamiento de por lo menos 200 m. En estas condiciones de aplicación en las obras de edificación y sobre todo en las viviendas que cumplen en general la necesidad de repetición, el sistema de cimbra deslizante se ha impuesto como una de las soluciones más adecuadas para la construcción en edificios de más de 7 plantas.

Con el sistema de cimbra deslizante en obras de edificación se reduce el plazo de ejecución ya que un edificio puede ponerse en operación antes de planeado generando un ahorro de por lo menos un 40%.

#### *Muros de edificios industriales.*

Los muros laterales o frontales de los edificios industriales de gran altura pueden ser realizados con cimbra deslizante con tal de que tengan contrafuertes bastante sólidos para asegurar la rigidez de la cimbra deslizante y su guía: en general los contrafuertes son necesarios por la acción del viento y los esfuerzos horizontales debidos a los puentes

de guía. También es aplicable para la construcción de pilares o columnas de altura considerable por lo menos que cumpla con 1.30 m de diámetro y 50 m de altura.

#### *Construcciones ejecutadas parcialmente con cimbra deslizante.*

El sistema de cimbra deslizante puede también aplicarse a una parte aislada de la obra y ejecutar el resto por otros medios. Para la ejecución de cubos de ascensores y escaleras, se ha empleado frecuentemente la cimbra deslizante que arrastra en su ascenso una grúa cuya pluma cubre toda la superficie de la obra.; llegada a la cota final, la grúa se fija a los muros con concreto armado y sirve para el montaje del resto de la edificación.

#### *Pilas y estribos de puentes.*

Su altura es generalmente importante, por ello se ha vuelto común la utilización de la cimbra deslizante aplicándolo a diferentes formas de pilas o estribos como: circulares rectangulares con sección llena o celular.

#### *Muros de contención.*

El empleo de la cimbra deslizante es indicado cuando los muros son de gran altura y está asegurada la reutilización; en general plantean problemas especiales de ejecución, por variar su espesor con la altura.

#### *Cajones de cimentación.*

Para cimentaciones muy profundas o bajo el agua, la ejecución de cajones con cimbra deslizante, ya sea in situ cuando es accesible o sobre otro terreno para llevarlos por flotación a su empleo definitivo y sumergirlo después, es una solución aplicada con frecuencia para las cimentaciones de puentes, muelles, faros, plataformas para la explotación de petróleo.

#### *Presas.*

La gran altura de las presas de concreto armado, sobre todo las de arco y el gran número de elementos hacen que el método de cimbra deslizante sea uno de los más satisfactorios.

#### *Chimeneas.*

La altura que poseen hace que su construcción con cimbra deslizante sea adecuada, ya que evitan el andamiaje, aumentan la velocidad de ejecución y toda su construcción es monolítica evitando así las juntas de construcción.

#### *Torres de televisión.*

Se caracterizan por su gran altura, son generalmente cilíndricas por el interior, que comprende los ascensores y escaleras de acceso con un espesor variable de las paredes.

## Faros.

Los faros en general son de altura media y no tienen más sala amplia que la coronación que alberga la maquinaria mientras que en la torre se encuentra la escalera de ascenso y el ascensor.

## Torres panorámicas.

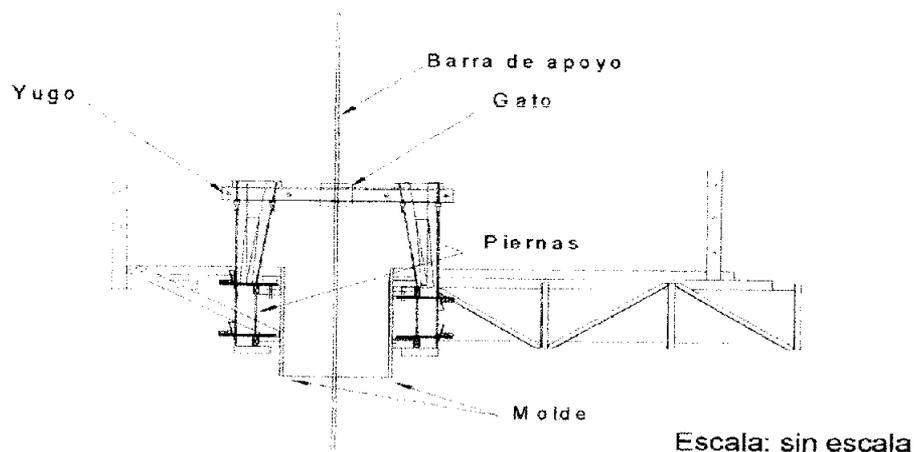
Tienen por objeto ofrecer una vista de conjunto sobre un paisaje interesante o con otros fines como torres de repetidoras de televisión, la torre en general es construida bajo el sistema de cimbra deslizante.

## 2.4 Sistemas de izaje.

En general todos los sistemas de izaje están compuestos por:

- Barra de apoyo.
- Yugos
- Piernas.
- Gato.
- Sistema de propulsión.

El principio de operación de cualquier tipo de sistema es básicamente el mismo, lo que cambia es el sistema de propulsión. En general el sistema de propulsión envía un impulso al gato, que mediante un sistema de resortes y muelas acondicionadas en su interior, suben por barras de apoyo empotradas en el concreto de la construcción que se realice, generando así una reacción en cadena ya que el gato está sujeto al yugo, por lo que lo arrastra, el yugo está unido a las piernas por lo tanto las jala, a su vez como las piernas están unidas al molde lo arrastra y como del molde dependen todas las plataformas de trabajo pues se da el ascenso del sistema de cimbra deslizante.



**Figura 2.1 Componentes del sistema de izaje .**

### **Barras de apoyo.**

Las barras de apoyo son elementos que soportan todo el peso de la cimbra deslizante, a través de los gatos que se sujetan a ella y lo transmiten a la cimentación, sin cargar el concreto de las paredes sin embargo les impide el pandeo.

El diámetro de las barras varía dependiendo del tipo de gato empleado; este oscila entre los 25 mm y 32 mm. Las barras pueden ser varilla lisa o tubo. Las longitudes comprenden un rango de 1.50 m y 6.0 m, su unión se hace por soldadura o por medio de birlos dejando los extremos de las barras roscados esto en caso de quedar ahogadas en el concreto. Si se requiere recuperar al terminar los trabajos, se tomarán medidas especiales para que no se adhieran al concreto.

Las barras no deben ser de la misma longitud puesto que es necesario que todas las juntas de las varillas no estén en el mismo plano horizontal. Por ello en la primer etapa las barras deben ser de diferente longitud. La razón es que si las barras estuvieran en un mismo nivel puede ser peligroso ya que no se tendría equilibrio del molde.

Otra ventaja de la diferencia de nivel en las juntas es que la labor de de instalado subsecuente de las barras es espaciada en todas las partes durante todo el deslizado y con menor personal se puede realizar esta operación. Una vez instalada la primer etapa de barras y todas con diferentes longitudes, los demás pueden ser de una sola longitud y de esta manera se siguen conservando la diferencia de niveles en las uniones de estos.

### **Yugos y piernas.**

Los yugos y piernas sobre los cuales se apoyan los gatos son piezas metálicas o madera que coronan la cimbra. Se utilizan dos piernas verticales y uno o dos travesaños horizontales unidos, de madera o acero, que formen un marco rígido que fije los paneles del molde y que sobrepase la plataforma de trabajo y se sujete a los dispositivos de elevación.

Los marcos que se forman a partir de los yugos y piernas tienen por objeto impedir el desplazamiento lateral de los paneles del molde, mantener la separación de la cimbra y evitar la deformación bajo la acción del empuje de concreto, además transmiten las fuerzas verticales de levantamiento de los gatos.

Las piernas y yugos de madera se emplean en casos donde se utilicen gatos manuales, es decir en obras aisladas de pequeña superficie en planta. Tienen inconvenientes por el desgaste rápido de manera que después de 3 o 4 usos ya no aseguran precisión de trabajo.

Los marcos están repartidos en todo el perímetro de la obra con una distancia variable de acuerdo a un estudio de cargas, son regulables y permiten la realización de distintos espesores de muro.

### **Gatos y sistema de propulsión.**

Los dispositivos de elevación son conocidos como gatos. Estos pueden ser de tres tipos mecánicos, neumáticos e hidráulicos. Existen varias potencias que van desde 3 ton

a 6 ton. Los gatos van colocados sobre los yugos. El espaciamiento se regirá por el diseño de cargas.

Comprenden generalmente un grupo de mordazas superiores e inferiores en el caso de gatos neumáticos e hidráulicos y cuando se trabaja con gatos mecánicos están provistos de un collarín en la parte inferior de la rosca.

#### *Gatos mecánicos.*

Dentro de este tipo de gatos podemos encontrar dos que son los más representativos: gatos de rosca o mando manual y gatos de palanca.

*Gatos de rosca de mando manual:* este tipo de gatos forman parte de los primeros dispositivos de elevación utilizados en la técnica de cimbra deslizante. Los hay de diversos tipos en cuanto a constitución pero todos tienen el mismo principio de funcionamiento.

Un gato de rosca de mando manual esta formado por cuatro elementos: tuerca, eje roscado, pieza para impedir el movimiento de rotación (pieza de torsión) y manguito de fijación (de bloqueo).

La tuerca va fijada al yugo de madera con dos tornillos y esta provista de una rosca interior que corresponde con la del eje de rotación cuando gira el eje la rosca de la tuerca desliza sobre la del eje.

El eje roscado es un hueco para permitir el paso de la barra de apoyo y esta provisto de una cabeza cuadrada. Se introduce la pieza que sirve para inprimir el movimiento de rotación, mientras que la cabeza cilíndrica se apoya sobre el manguito de fijación en un alojamiento que le permite girar durante la rotación del eje.

Para poner el gato en funcionamiento, se gira a mano la pieza que sirve para impedir el movimiento de rotación, por medio de la palanca introducida para ello en uno de los cuatro agujeros dispuestos en cruz. Cuando gira la pieza, el eje roscado gira también y durante este tiempo la tuerca se levanta y arrastra al marco formado por piernas y yugos y con ello a la cimbra. Durante su funcionamiento el gato se apoya a través del manguito de fijación.

Cuando el yugo inferior del marco llega a la altura del manguito de fijación, se levanta el eje roscado girando en sentido inverso, mientras la carga debida a la cimbra es soportada por los gatos adyacentes. Se suelta a continuación el manguito de fijación, se desplaza hacia arriba hasta que este en contacto con el eje roscado y se fija en su nueva posición después de la cual el gato se encuentra dispuesto para una nueva elevación.

*Gatos de palanca:* Estos gatos trabajan sujetándose sobre una barra por movimientos de pequeña amplitud y repetidos, para elevarse en cada ciclo 5 mm y bajar después 2 mm o 3 mm, se afirma que estos movimientos alternativos producen una compactación, realizándose al mismo tiempo el cierre de las eventuales fisuras que aparecen durante la elevación del cimbrado.

Estos descensos representan un gasto de energía del 60% a diferencia de los gatos de rosca. Los gatos están provistos de un disco móvil excéntrico que trabaja como una palanca que levanta el gato y otra que frena el descenso del mismo, apoyando una agarradera dentada sobre la barra de apoyo. Además en su parte inferior estos gatos tienen otras agarraderas, formadas cada una de ellas por un excéntrico dentado, que tiene también la misión de bloquear el gato sobre la barra.

#### *Gatos neumáticos.*

Los gatos neumáticos están contruidos de aluminio, excepto las mordazas que son de acero, la carrera normal es de  $\frac{1}{2}$ " (12.5 mm) pero puede ajustarse a otros valores según las necesidades del proyecto.

Estos gatos se conectan a un generador de aire comprimido con tubos rígidos (metálicos) o flexibles (caucho) se sujetan a barras de apoyo de 26 mm. El compresor por medio del cual se inyecta el aire debe generar una presión de 5 a 6 atmósferas. Además debe de contar con un tanque de almacenamiento que sirve para cargar y descargar el circuito y con ello se logre la elevación de la cimbra.

Para asegurar un deslizado sin interrupciones a causa de fallas mecánicas en el compresor, siempre se debe tener un compresor de reserva, además es recomendable trabajar con dos compresores alternadamente, para no provocar un calentamiento excesivo en el motor.

El sistema de gatos ha sido utilizado para ejecutar diferentes construcciones, mostrando ser bastante simple, rápido y exacto, en relación con los gatos manuales, los gatos neumáticos constituyen una importante mejora cualitativa ya que utilizan energía suministrada por maquinas, actuando desde un mando central.



**Figura 2.2 Gato neumático.**

### *Gatos hidráulicos.*

Los gatos hidráulicos tienen un grupo de mordazas inferiores y superiores, que funcionan alternadamente bajo la acción de presión de aceite que proviene de una bomba eléctrica y se engancha a una barra de apoyo. Cuando la presión es aplicada al gato la mordaza inferior agarra la varilla y la mordaza superior se mueve hacia arriba arrastrando por medio del yugo la cimbra. Cuando no se aplica presión el gato se reajusta o se repone automáticamente para otro movimiento ascendente.

Todos los gatos están interconectados a una central (bomba), la presión de aceite en cada gato será la misma, asegurando movimientos ascendentes uniformes. La presión máxima de la bomba es regulable, (250 bar) pero la tasa de trabajo se sitúa entre 90 y 150 bar. Una bomba puede operar un promedio de 150 gatos y un solo operador la bomba ya sea de manera manual o con el uso de algún dispositivo que la bomba incluya.

Cuando se pone en marcha el motor eléctrico, la bomba aspira el aceite del depósito y los envía a los circuitos de instalación de elevación. Al seguir funcionando el motor, la presión del aceite sube progresivamente. Cuando alcanza 20 atmósferas, lo que corresponde a una fuerza de elevación por gato de 1000 kg, los gatos menos cargados y los más próximos a la bomba comienzan a elevarse y son progresivamente seguidos por los restantes a medida que aumenta la presión de la red. Una vez que todos los gatos se han elevado el motor continúa trabajando y la presión crece hasta 60 atm, momento en que se abre la válvula superior. En ese momento se hace volver el aceite de la red al depósito de la bomba, empujado por los pistones de los gatos accionados por los resortes situados debajo de ellos, que estaban comprimidos durante la elevación.



**Figura 2.3 Gato hidráulico.**

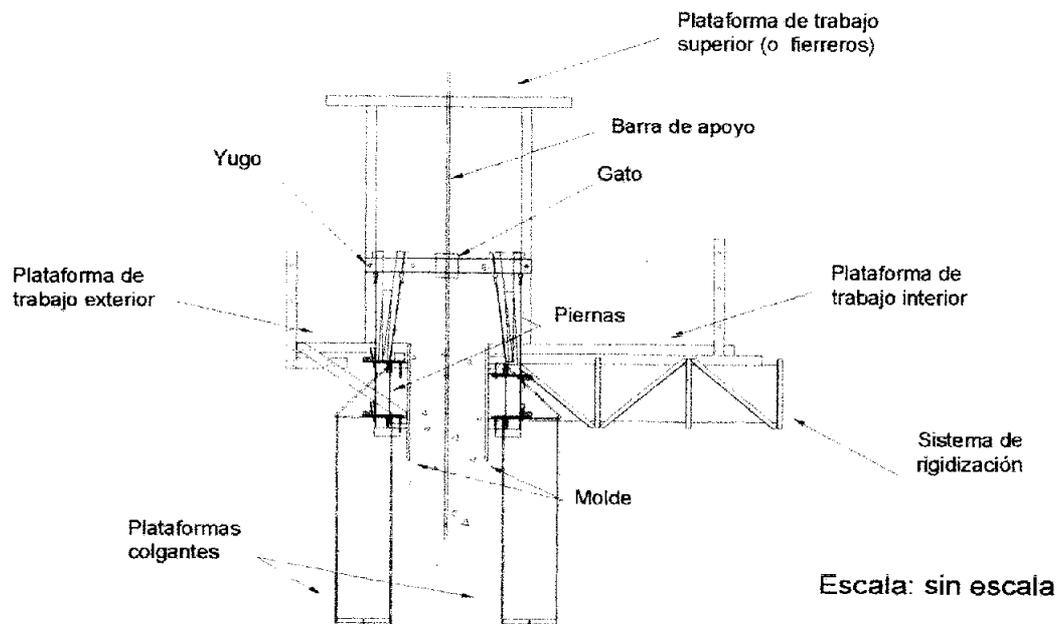
## 2.5 Elementos que constituyen el sistema de cimbra deslizante.

En el siguiente subtema se definirán los elementos que conforman el sistema de cimbra deslizante, se detallaran los pasos que se deben de seguir para su conformación y materiales que deben ser considerados para su construcción.

El sistema de cimbra deslizante esta conformado por los siguientes elementos:

- Cimbra de contacto o molde.
- Sistema de rigidización (armaduras o cabrillas).
- Plataforma de trabajo interior.
- Plataforma de trabajo exterior.
- Sistema de izaje.
- Plataforma de trabajo superior o de fierros.
- Plataformas colgantes.
- Elementos auxiliares.

A continuación se mostrara en un esquema la disposición de los elementos antes mencionados.



**Figura 2.4 Sistema de cimbra deslizante.**

### **Molde.**

El molde o cimbra de contacto es la que esta en contacto con el concreto la que le da forma al concreto de acuerdo con los parámetros previstos en el proyecto. Esta por lo general es construida de madera pero puede ser metálica o mixta siempre y cuando se justifiquen los usos a la que va estar sometida.

Existen dos procesos que intervienen en los trabajos que competen al molde, uno es la fabricación y el otro es el montaje.

#### *Fabricación del molde.*

Para la conformación del molde con madera se debe contar con los siguientes materiales:

- Hojas de triplay de espesor entre 6 mm a 19 mm.
- Tablón de 2" x 12" x 8'.
- Duela de 1" x 4" x 8'.

Estos materiales deberán ser sometidos a un tratamiento especial antes de realizar el ensamblaje de los paneles tomando en cuenta que por lo general los paneles que se habilitan para el molde tienen las siguientes dimensiones 1.20 m x 1.20 m  $\pm$  2 cm.

La duela debe ser pasada por un cepillo con el fin de dejar a todas las piezas con un espesor uniforme. Realizado este proceso serán cortadas por mitad en el sentido largo para que tengan las siguientes dimensiones 1" x 4" x 4'.

El triplay será cortado por mitad obteniendo las siguientes dimensiones 1.20 m x 1.20 m. Además será sometido a un proceso llamado curado el cual consiste en un baño con aceite lubricante durante un día con el fin de protegerlo y sirva como desmoldante durante el despegue de la cimbra.

El tablón será cepillado al igual que la duela y cortado por mitad en el sentido largo y en el sentido corto obteniendo piezas con las siguientes características: 2" x 6" x 4' las cuales son llamadas cerchas. En el caso de que el elemento que se deslizará sea cuadrado ya con estas piezas se puede realizar el ensamblaje. En caso de que sea un elemento circular se deberán tomar las siguientes consideraciones.

Los tablonces tendrán que ser cortados tomando la consideración la curvatura del elemento que se deslizará. Además será tomado en cuenta que el radio marcado en el proyecto no es el de corte de los tablonces ya que estos tienen una capa de duela y otra de triplay. Por ello para el corte del tablón se aplicarán las siguientes expresiones.

$$r_{ic} = r_{int} - (\text{espesor del triplay} + \text{espesor de la duela})$$

$$r_{ec} = r_{ext} + (\text{espesor del triplay} + \text{espesor de la duela})$$

donde:  $r_{ic}$  = radio interior de corte.

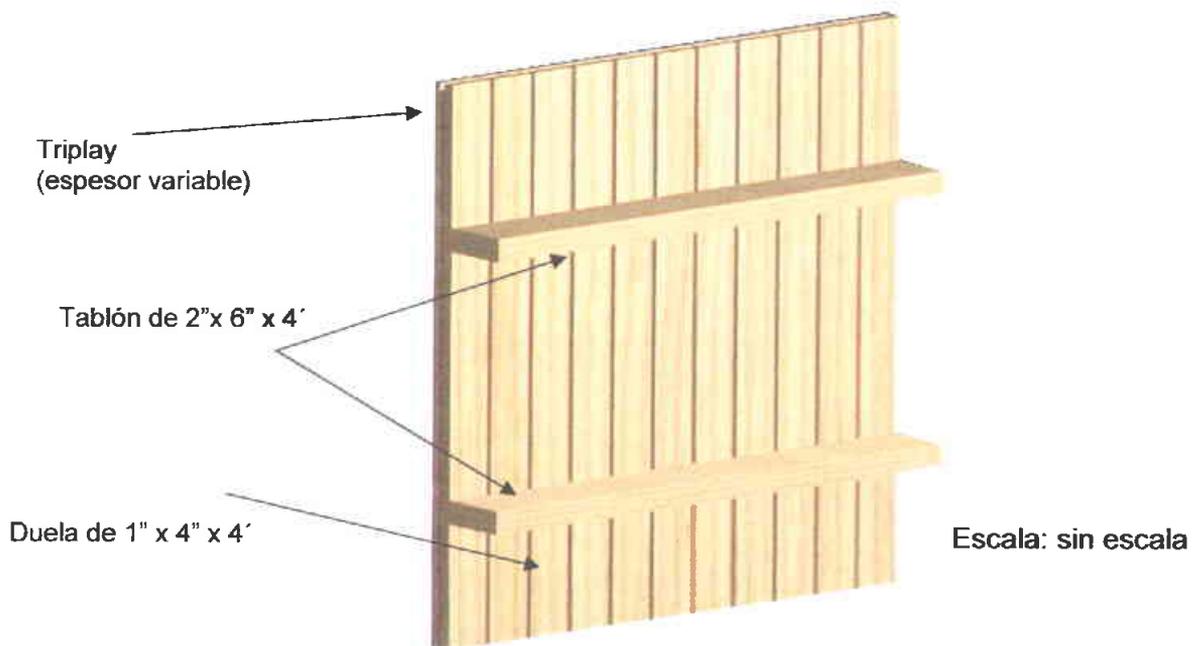
$r_{int}$  = radio interior del elemento que se vaya a deslizar.

$r_{ec}$  = radio exterior de corte.

$r_{ext}$  = radio exterior del elemento que se vaya a deslizar.

Realizadas todas las operaciones anteriores se procede al ensamblaje de las tarimas, ocupando una mitad de triplay, 2 pzas de tablón que ahora representan la cuarta

parte de su tamaño original y 11 duelas por mitad. La unión entre los elementos se hará por clavos de 2 ½" y 4" o por pijas.



**Figura 2.5 Tarima p/ molde.**

Dentro del armado de los paneles deben realizarse dos consideraciones adicionales. La primera es que la ubicación de las cerchas dependerá de la constitución de las piernas del sistema de izaje y la segunda es que entre cada una de las duelas se deja un centímetro de separación.

#### *Montaje del molde.*

Contando con todas las tarimas o con un porcentaje de ellas se inician los trabajos de montaje del molde. El primer paso es con una cuadrilla de topografía marcar el trazo del elemento a deslizar finalizado este punto con un grupo de fierros se coloca el primer traslape del acero vertical y el acero horizontal hasta una altura de por lo menos 1.20 m.

Con ello se inicia el acarreo de las tarimas y un ensamblaje previo, apuntalando las tarimas con polines y duelas dejando ya los elementos a plomo excepto el molde interior el cual se dejara desplomado 8 mm con objeto de anticiparnos a una deformación que se pudiera dar en el molde debido al empuje del concreto durante el vaciado.



***Figura 2.6 Apuntalamiento de tarimas.***

Ya con todos los paneles colocados se realiza el proceso llamado cosido que consiste en traslapar cerchas sobre las que ya están colocadas en los paneles, abarcando cada nueva cercha la mitad de una tarima y la mitad de la subsecuente. La unión se realiza por medio de clavos de 4" y tornillos de 3/8" de diámetro y 5" de longitud.



***Figura 2.7 Cosido de tarimas.***

### **Sistema de rigidización (armaduras o cabrillas).**

El sistema de rigidización esta compuesto por una serie de armaduras dispuestas en diversos puntos del molde interior, tiene la finalidad que los paneles de la cimbra no trabajen de forma individual así mismo permitirá controlar las deformaciones radiales que se presenten durante el deslizado. La fabricación de estas se realiza a base de perfiles de acero A-36.

La unión entre el molde y el sistema de rigidización se hará mediante tornillos que serán fijados del perfil hacia las cerchas del molde.



***Figura 2.8 Detalle de unión entre cabrillas y el molde.***

Al mismo tiempo que se lleva a cabo la construcción del sistema de rigidización se realiza un proceso complementario al montaje del molde que es el *embreizado* el cual consiste en la colocación de un segmento de polin en forma vertical en cada junta de tarima y dos segmentos de barrote en forma diagonal con el fin de evitar deformaciones en las tarimas durante el vaciado del concreto.



**Figura 2.9 Embreizado.**

#### **Plataforma de trabajo interior.**

La plataforma de trabajo interior sirve para trabajos referentes al vaciado del concreto, almacenamiento de materiales como el acero, embebidos, además para la colocación de acero horizontal en la zona interior.

Para el habilitado de esta plataforma se colocará un tendido de polines de acuerdo a la geometría de las cabrillas, donde cada polín tendrá una separación aproximada de 60 cm, los polines serán fijados por medio de amarres hechos con alambre recocido a las cabrillas. Finalizada esta operación sobre los polines se tiende una cama ya sea de duela o de triplay el cual haya tenido varios usos, con el fin de crear el piso de la plataforma.

Nota: se deberá tener cuidado de dejar por lo menos dos escotillas, las cuales van a servir para el acceso de los albañiles a las plataformas colgantes en la zona interior, para las plataformas colgantes de la zona exterior el acceso se hará directamente por las escaleras de ascenso.

Sobre las cabrillas se deberá colocar un barandal que garantice la seguridad de los trabajadores durante el deslizado, colocado el barandal se instalarán una serie de duelas que sirvan como rodapié para evitar la caída de objetos que puedan golpear a los trabajadores que se encuentren en la parte inferior.



**Figura 2.10 Plataforma de trabajo interior.**

**Plataforma de trabajo exterior.**

Esta plataforma es básicamente usada por los fierros para la colocación de acero horizontal en la zona exterior, también sirve de almacenamiento de acero en proporciones muy bajas y sirve de tránsito del personal durante los cambios de turno.

La plataforma se construye a base de escuadras con por lo menos 1.20 m de ancho, estas pueden ser construidas con madera (barrotes 2" x4" x 8') o con perfiles de acero A-36 de acuerdo a las características de la obra.

Sobre las escuadras se colocará un tendido de 3 polines en el sentido transversal de la plataforma y en todo el perímetro en el sentido longitudinal, al igual que con la plataforma interior se sujetaran los polines de las escuadras por medio de amarres de alambre. El espaciamiento entre las escuadras debe ser de por lo menos 2 m es decir en cada traslape de polin.

Sobre los polines se colocará una cama de duela o triplay de varios usos, para la conformación del piso de la plataforma. Al igual que en la plataforma interior se buscará dejar barandales y rodapié para seguridad de los trabajos tomando en cuenta que esta zona de trabajo es mas estrecha que la plataforma interior.



**Figura 2.11 Plataforma de trabajo exterior.**

### **Sistema de izaje.**

Como ya se menciona en el subtema 2.4 el sistema de izaje esta compuesto por barras de apoyo, yugos, piernas, gatos y sistema de propulsión. La instalación del sistema se realiza en dos etapas.

La primera se realiza al terminar los trabajos de montaje de molde y habilitado de cabrillas donde se colocan las piernas y yugos de acuerdo a la distribución marcada por el diseño del sistema.

La segunda etapa se realiza al finalizar los trabajos de habilitado de las plataformas, la cual consiste en colocar y fijar los gatos en los yugos, después la colocación de las barras de apoyo y por último toda la instalación referente al sistema de propulsión.

Así antes de iniciar el deslizado se realizan las pruebas pertinentes al sistema con el fin de conocer si existen fugas sobre el circuito o si algún gato esta averiado y se requiere su reemplazo.

### **Plataforma de trabajo superior o de fierros.**

Esta plataforma es utilizada para el traslape del acero vertical, al igual que el traslape de las barras de apoyo del sistema de izaje, además sobre ella se coloca tanto el cableado del sistema eléctrico que se tendrá para los trabajos del turno de noche como el circuito compuesto por mangueras o tubería del sistema de propulsión.

La plataforma superior o de fierros es básicamente constituida por marcos a base de polines colocados en cada una de las piernas del sistema de izaje. En la parte superior del marco se colocan dos hiladas de tablón de 2" x 10" x 8' para el tránsito del personal que realizara los trabajos de traslapado de acero y barras de apoyo.

Para la correcta colocación del acero, sobre la plataforma se instala una rejilla a base de varillas de desperdicio con el fin de que el acero conserve su recubrimiento, verticalidad y espaciamiento marcados por el proyecto.



**Figura 2.12** Plataforma de trabajo superior o de fierros.

### Plataformas colgantes.

Básicamente esta plataforma es utilizada para que los albañiles durante los trabajos del deslizado le den acabado y curado al concreto que va saliendo en la parte inferior.

La instalación de esta plataforma es realizada después del inicio del deslizado teniendo una altura mínima de 1.0 m de la parte inferior del molde con respecto a la base de partida.

Para la instalación de la plataforma se debe de contar con elementos llamados jengues o columpios que tienen la función de soporte de la plataforma, estos pueden ser habilitados de varilla corrugada de diámetro no menor a 5/8" o con algún perfil de acero A-36. Cuando se realice la colocación de los jengues en el molde se pondrá sobre la base de estos dos tablonces de 2" x 10" x 8' de manera que sirva como piso para los trabajadores que transiten sobre ella. Generalmente los jengues son colocados con una separación mínima de 2.0 m



**Figura 2.13 Plataforma colgante.**

#### **Elementos auxiliares.**

Consideramos en este rubro a todos los elementos que nos faciliten el desarrollo de los trabajos durante el deslizamiento. La instalación de estos dependerá de la magnitud y características de la obra que se vaya a ejecutar.

Dentro de estos consideramos como los más importantes los siguientes:

##### Abastecimiento de materiales

- Torre grúa.
- Malacates.

##### Concreto

- Bomba de concreto estacionaria.
- Bomba de concreto telescópica.
- Bacha.

##### Accesos

- Andamio con escalera.
- Torres de ángulo.

##### Varios

- Sistema de alumbrado.
- Sistema eléctrico (conexión de vibradores, bombas etc).

## 2.6 Control de plomos.

La posición correcta de la cimbra deslizante durante toda la ejecución de los trabajos depende la buena ejecución sin desviaciones con respecto a la vertical, así como el desarrollo normal del deslizado sin dificultades, sin accidentes incluso sin interrupciones.

El equilibrio de la cimbra deslizante durante la elevación es absolutamente necesario para evitar su tendencia al volteo por ello se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Evitar el almacenamiento de los materiales sobre la plataforma en voladizo.
- Procurar que el espacio entre la cimbra y el muro sea igual en las dos caras del muro.
- Equilibrar efectivamente la cimbra.

Para llevar un control del equilibrio que lleva la cimbra es preciso la implementación de tres sistemas:

- Instalación del nivel.
- Mira graduada.
- Plomadas.

### *Instalación del nivel.*

Controla constantemente la horizontalidad de la cimbra deslizante, se compone de una red de tubos flexibles de caucho o material plástico, conectados entre si y en comunicación cada uno de ellos con un tubo de vidrio o material plástico transparente situado enfrente de cada gato, montado sobre el marco de polines de la plataforma superior. En esta red se introduce agua, que para hacerla mas visible se le coloca una sustancia que no se adhiera a las paredes de los tubos, se introduce el agua a la red hasta que alcance el nivel de las señales hechas previamente en los marcos de polines los cuales deben estar en el mismo plano horizontal.

### *Miras graduadas.*

Esta formada por una serie de tablas cepilladas o de barras metálicas, colocadas en prolongación vertical graduadas en metros y centímetros fijada sobre la torres de ascenso. Subiendo la mira en forma que la cota cero corresponda con la del proyecto, se obtendrá automáticamente el nivel al que se encuentra la cimbra en cada momento en relación con el proyecto.

### *Plomadas.*

Si se colocan juiciosamente y en número suficiente indican en todo momento si el cimbrado deslizante se ha desplazado respecto al eje de la construcción, o bien se ha girado y sobre todo dan el valor de los desplazamientos. Las plomadas se fijan a la cimbra en algunos puntos característicos en el exterior y sumergiendo el peso de la plomada en

agua para amortiguar el balanceo que se pudiera tener por el viento. El proceso de medición es sencillo se toma una lectura al nivel que se lleven los trabajos del deslizado y otra a nivel de piso, la diferencia entre las dos lecturas nos dará el nivel de inclinación que lleve el elemento y su orientación.

Los métodos antes mencionados nos sirven para conocer como se desarrollan los trabajos durante el deslizado pero en caso de que el edificio sufra algún desplome se deberán tomar durante el deslizado medidas que nos ayuden a controlar la cimbra o la mantengan estable entre los mas recurrentes tenemos.

El primer punto es conocer los elementos que los propios sistemas de izaje contengan para la nivelación del sistema. En el caso de gatos hidráulicos estos cuentan con una barra niveladora la cual hace que todos los gatos lleguen a un nivel preestablecido cada 20 cm con ello se asegura que la plataforma este perfectamente nivelada. El caso de los gatos neumáticos puede controlarse directamente desde cada gato ya que es cierto que trabajan desde un punto central cada uno se puede manipular individualmente y con ello en caso de algún desplome se nivelaran solo los gatos que estén ubicados en esta zona.

En caso de que el elemento se incline hacia algún punto con el fin de realizar una corrección la plataforma se desnivelara es decir se levantara mas del lado afectado y en su extremo contrario estará mas baja. La diferencia de niveles se estudiara en campo con el fin de no dañar el sistema, para un mejor desempeño de esta opción se podrá dejar el llenado de la cimbra en el punto afectado a un 50%.

Otra opción es aplicar una fuerza en sentido contrario a donde se este dando el desplome para ello se deberá realizar el siguiente proceso. El primer paso es la colocación de una placa como si fuera un embebido en la zona del muro interior del lado contrario a donde se este dando el desplome. Se dejará que aparezca la placa es decir que el deslizado por lo menos avance 1.40 m y cuando aparezca se le soldara una oreja y de ella se sostendrá ya sea con un diferencial, un tirfor o un tensor, con cable de acero se dejara una línea el cual estará conectado de un lado al elemento que se halla fijado a la placa y del otro a las cabriñas del molde. Realizados estos pasos se aplicará la fuerza en sentido contrario a la inclinación y con ello se recuperará el desplome que se tenga.

Otro método es la disminución del recubrimiento del acero es decir en la zona donde se de el desplome se aumentará el recubrimiento en la zona exterior del molde y en la zona interior se disminuirá con ello se logra que el acero sirva de guía para la recuperación del desplome.

# CAPÍTULO 3 SILO DE HOMOGENEIZACIÓN

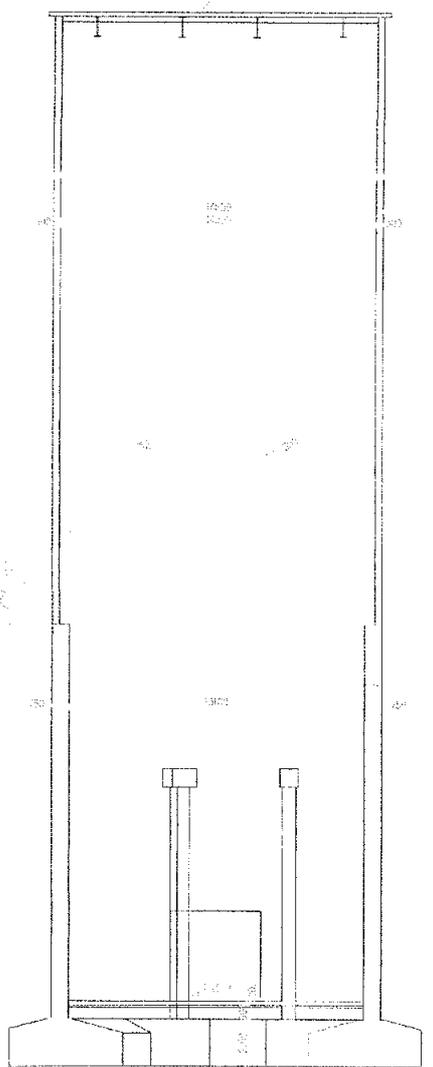


### 3.1 Antecedentes.

El silo de homogeneización tiene la función de dar uniformidad a los materiales del crudo mediante la inyección de aire a presión.

El edificio constituido para la homogeneización del crudo en la planta de cementos y concretos nacionales (CYCNA), constó de diversos elementos como son: cimentación a base de una zapata circular, muros de espesor 0.75 m a una altura de 17.50 m y 0.30 m con una altura de 41.40 m, tres columnas desplantadas a partir de la cimentación con una altura 11.10 m. Una serie de vigas sustentadas sobre las columnas y muro, un cono invertido desplantado a partir del cambio de sección, una losa tapa a base de vigas de acero sobre las cuales se colocó losacero, y una losa de piso.

Escala: sin escala  
Acot: mm  
Niv: m



**Figura 3.1 Silo de homogeneización.**

Para iniciar los trabajos de instalación del sistema de cimbra deslizante se debieron realizar diversos procesos constructivos como son: excavación, relleno con material mejorado, plantilla, zapata circular y trazo de los radios para la ubicación de los muros de acuerdo a las especificaciones marcadas en planos.

A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de obra preliminares a la instalación del sistema de la cimbra deslizante:

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
1. Excavación.	6,196	m <sup>3</sup>
2. Relleno con material mejorado.	3,522	m <sup>3</sup>
3. Plantilla	23	m <sup>3</sup>
4. Acero en zapata de cimentación	36	ton
5. Cimbra en zapata de cimentación.	175	m <sup>2</sup>
6. Concreto en zapata de cimentación.	433	m <sup>3</sup>

**Tabla 3.1 Volúmenes de obra previos al montaje del sistema de cimbra deslizante, silo de homogeneización .**

### 3.2 Molde.

Para iniciar los trabajos de habilitado y construcción del molde deben conocerse las dimensiones del edificio que se deslizará. En la siguiente tabla se muestran los datos base para la construcción del molde.

	Nivel de inicio m	Nivel de terminación m	Diámetro interior m	Diámetro exterior m	Espesor de muro m	Altura m
1er etapa	+10.485	+27.968	13.100	14.600	0.75	17.483
2da etapa	+27.968	+69.343	14.000	14.600	0.30	41.375

**Tabla 3.2 Datos preliminares para construcción del molde.**

Nota: los niveles indicados están referidos a bancos de nivel ubicados en la planta de cementos y concretos nacionales.

De acuerdo a los diámetros marcados en la 1er etapa se construyeron 38 tarimas para el molde exterior y 34 tarimas para el molde interior. Los materiales empleados para la construcción de las tarimas fueron tablón de 2"x12"x8", hojas de triplay de 6mm y duela 1"x 4"x 8".

Con los datos de diámetros y los materiales a emplearse se inicio con el corte de las cerchas que son la base para la conformación de las tarimas. Para las tarimas interiores las cerchas se cortaron con un radio de 6.518 m y las exteriores con un radio de 7.331 m.

Teniendo las cerchas cortadas tanto para las tarimas como para el cosido se realizo el ensamblé de las tarimas, colocando la duela y el triplay. Terminadas todas las tarimas se llevaron a la zona de trabajo del silo y se inicio su colocación de acuerdo al trazo marcado por el topógrafo, como en este momento cada tarima actúa individualmente estas se dejan apuntaladas, es preciso recordar que las tarimas del molde interior quedan desplomadas un centímetro. Colocadas todas las tarimas se realiza el proceso de cocido y queda el molde trabajando como un solo elemento. Además las tarimas se refuerza con el embreizado para el momento en que actué el concreto la cimbra no se deforme. Para evitar que la cimbra tenga filtraciones de concreto entre la duela y el triplay se coloca una protección de lamina galvanizada de 0.10 m en la parte superior de cada tarima.

A continuación se muestra un resumen de materiales empleados para la fabricación del molde:

	N° de tarimas pza	Triplay de 6mm pza	Duela 1"x4"x8 pza	Tablón 2"x12"x8 pza	Barrote 2"x4"x8 pza	Tornillos de 3/8" x 5"	Lamina galvanizada cal 26 de 4'x10' pza
Molde interior	38	19	209	38	19	304	1
Molde exterior	34	17	187	34	17	272	1

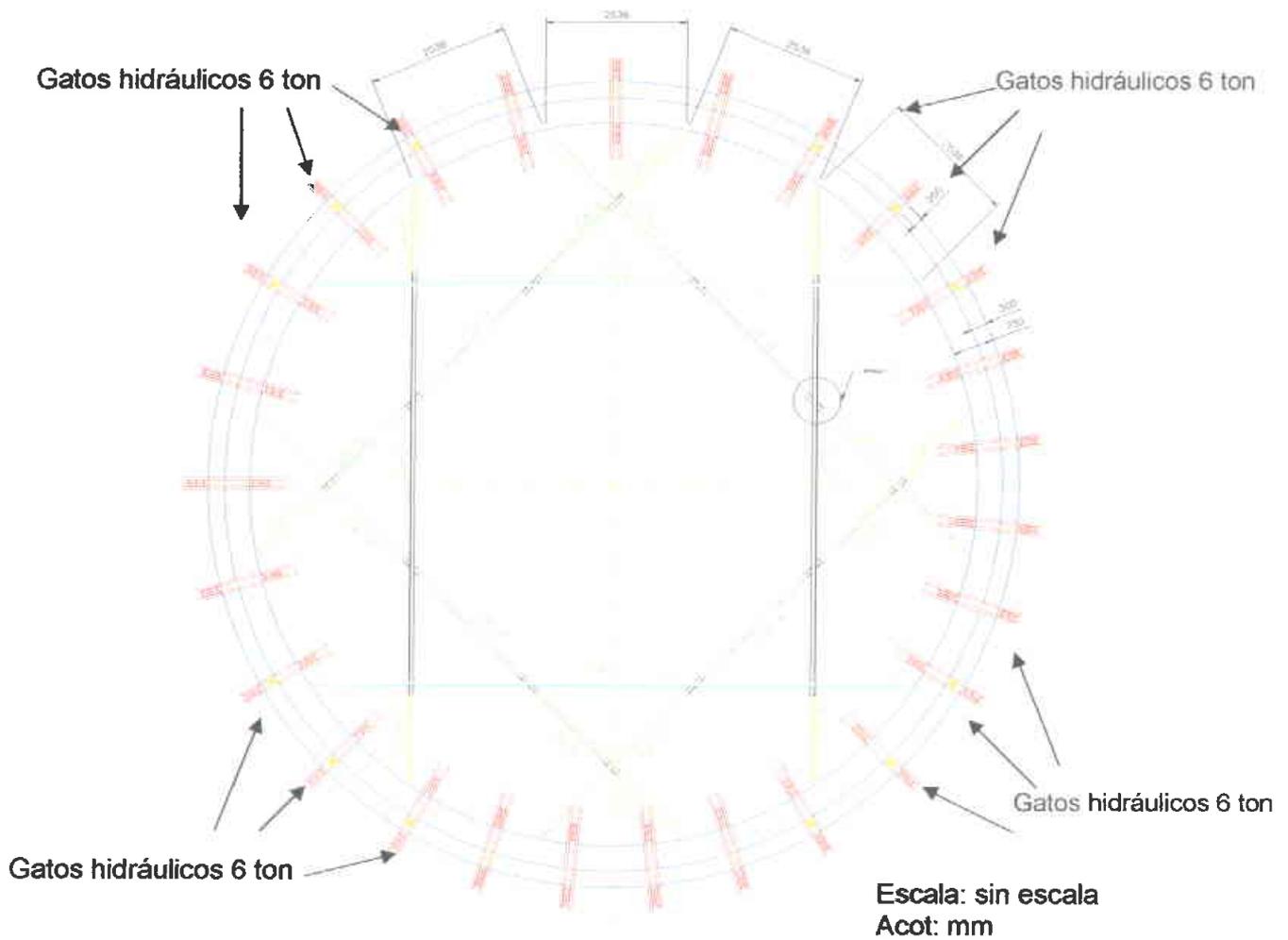
**Tabla 3.3 Materiales empleados para fabricación de molde.**

Nota: en el tablón esta incluido el que se emplea para el cosido.

### 3.3 Sistema de rigidización.

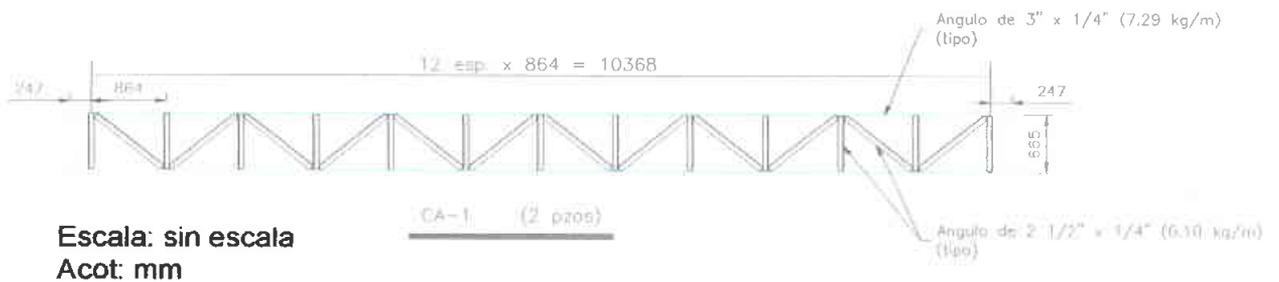
Como ya se señaló en el capítulo anterior existen tres elementos que hacen que el sistema de cimbra deslizante actué como un solo elemento y pueda tener una mayor rigidez estos son: el cosido de las tarimas, la instalación de armaduras y la colocación de yugos y piernas.

La colocación de armaduras tiene que ver con el molde interior ya que estas quedan ligadas a las cerchas de este. En el silo de homogeneización las armaduras se realizaron a base de ángulo de 3"x ¼" y 2 ½" x ¼" y se dispusieron en dos cuadros principales, las armaduras principales se ubicaron de sur a norte y las secundarias fueron dispuestas a 45° para formar una estrella de acuerdo al siguiente esquema:

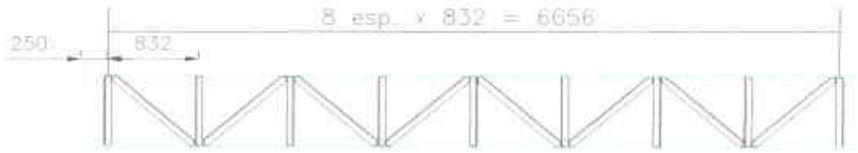


**Figura 3.2 Sistema de rigidización del molde (armaduras).**

También se anexan los detalles de cada una de las armaduras:



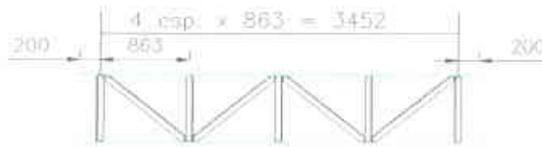
**Figura 3.3 Detalle de la armadura CA-1.**



Escala: sin escala  
Acot: mm

CA-2 (2 pzos)

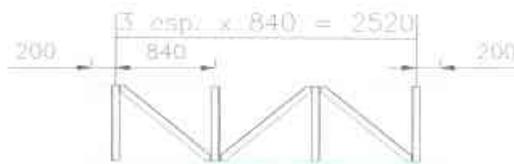
**Figura 3.4 Detalle de la armadura CA-2.**



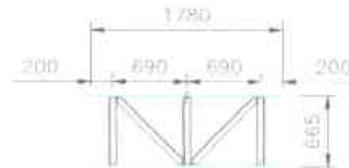
Escala: sin escala  
Acot: mm

CA-3 (4 pzos)

**Figura 3.5 Detalle de la armadura CA-3.**



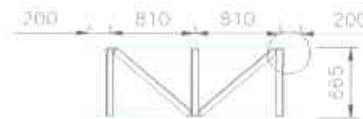
CA-4 (4 pzos)



CA-5 (8 pzos)

Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 3.6 Detalle de la armadura CA-4 y CA-5.**



CA-6 (4 pzos)

Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 3.7 Detalle de la armadura CA-6.**

Los volúmenes de materiales empleados para la fabricación de las cabrillas (armaduras) son los siguientes

Armadura	N° de piezas	Ángulo de 3" x ¼"	Ángulo de 2 ½" x ¼"
		(ton)	(ton)
CA-1	2	0.314	0.247
CA-2	2	0.209	0.167
CA-3	4	0.225	0.175
CA-4	4	0.170	0.135
CA-5	8	0.208	0.180
CA-6	4	0.118	0.094
<b>TOTAL</b>		<b>1.30</b>	<b>1.10</b>

**Tabla 3.4 Materiales empleados para fabricación de sistema de rigidización.**

Armado de cabrillas



**Figura 3.8 Armado de cabrillas y apuntalamiento de molde.**

### **3.4 Sistema de izaje de plataforma de trabajo y molde.**

El sistema utilizado para el izaje de la plataforma de trabajo y molde fue el hidráulico constituido por un solo circuito, en el cual se colocaron 14 gatos de 3 ton y 12 gatos de 6 ton conectados a una bomba hidráulica y un timer de acuerdo a la fig 3.2.

Antes de la colocación de los gatos fueron dispuestas 52 piernas un par por cada gato, 26 yugos uno por cada gato; la unión de las piernas con el yugo hace que trabajen juntos tanto en la cimbra interior como la exterior, además se colocaron los accesorios para el correcto funcionamiento del sistema hidráulico.

Como elemento primordial para el trabajo de los gatos hidráulicos se contó con tubo trepa de 1 ¼"x 4.50 m para el caso de gatos de 6 ton y para el caso de gatos de 3 ton con tubo de 1"x 4.50 m de largo, estos tubos tienen la función de barras de apoyo enunciadas en el capítulo anterior. En la colocación del tubo se cuidó que los traslapes de los tubos no coincidieran con los adyacentes de forma que para el arranque 13 tubos se cortaron por mitad a una longitud de 2.25 m y los otros 13 de tenían la longitud original 4.50 m.

A continuación se muestra un listado con los materiales utilizados en el sistema de izaje.

<b>Materiales</b>	<b>3 ton</b>	<b>6 ton</b>
Gatos	14	12
Piernas	28	24
Yugos	14	12
Portagatos	14	12
Barra niveladora	14	12
Tubo trepa	186	156
Bomba hidráulica	1	
Timer	1	

**Tabla 3.5 Materiales empleados para el sistema de izaje de la plataforma de trabajo y molde.**

### **3.5 Plataformas de trabajo.**

El inicio de los trabajos de habilitado de plataformas es la colocación de polines sobre las armaduras para la plataforma interior, en estos trabajos se ocuparon 70 pzas de polin de 4"x4"x8', sobre los polines se colocó una cama de duelas para dejar totalmente tapada la zona de trabajo en lo cual se ocuparon 320 pzas. También se cuidó dejar dos accesos para los trabajos que se realizaran de albañilería.

Simultáneamente a este trabajo se inicia la colocación de escuadras, que para el caso del silo de homogeneización se realizaron de madera utilizando barrotes y cada escuadra se espació a cada 0.60 m ocupando 77 barrotes. Sobre estas escuadras se colocan polines y sobre ellos una cama de duelas. Ocupando para ello 57 polines y 251 duelas.

Finalizados los trabajos de la plataforma exterior e interior se inicia con el armado de marcos de polines sobre estas y colocando uno por cada pierna, estos marcos servirán para el habilitado de la plataforma de los fierros, colocación de luminaria y accesorios del sistema hidráulico. Sobre los marcos se colocan tablonés uno de cada lado del armado. Teniendo un consumo de materiales igual a 78 polines de 4"x4"x8' y 36 tablonés de 2"x10"x8'.

Por último al inicio del deslizado se colocaron las plataformas colgantes para los albañiles que van dando acabado a los muros. Para ello se habilitaron 75 columpios de varilla de  $\phi = 5/8"$  que servirán de soporte para la colocación de tablonés de 2"x10"x8' los cuales serán la base para el tránsito durante la realización de los trabajos, para ello se ocuparon 76 tablonés.

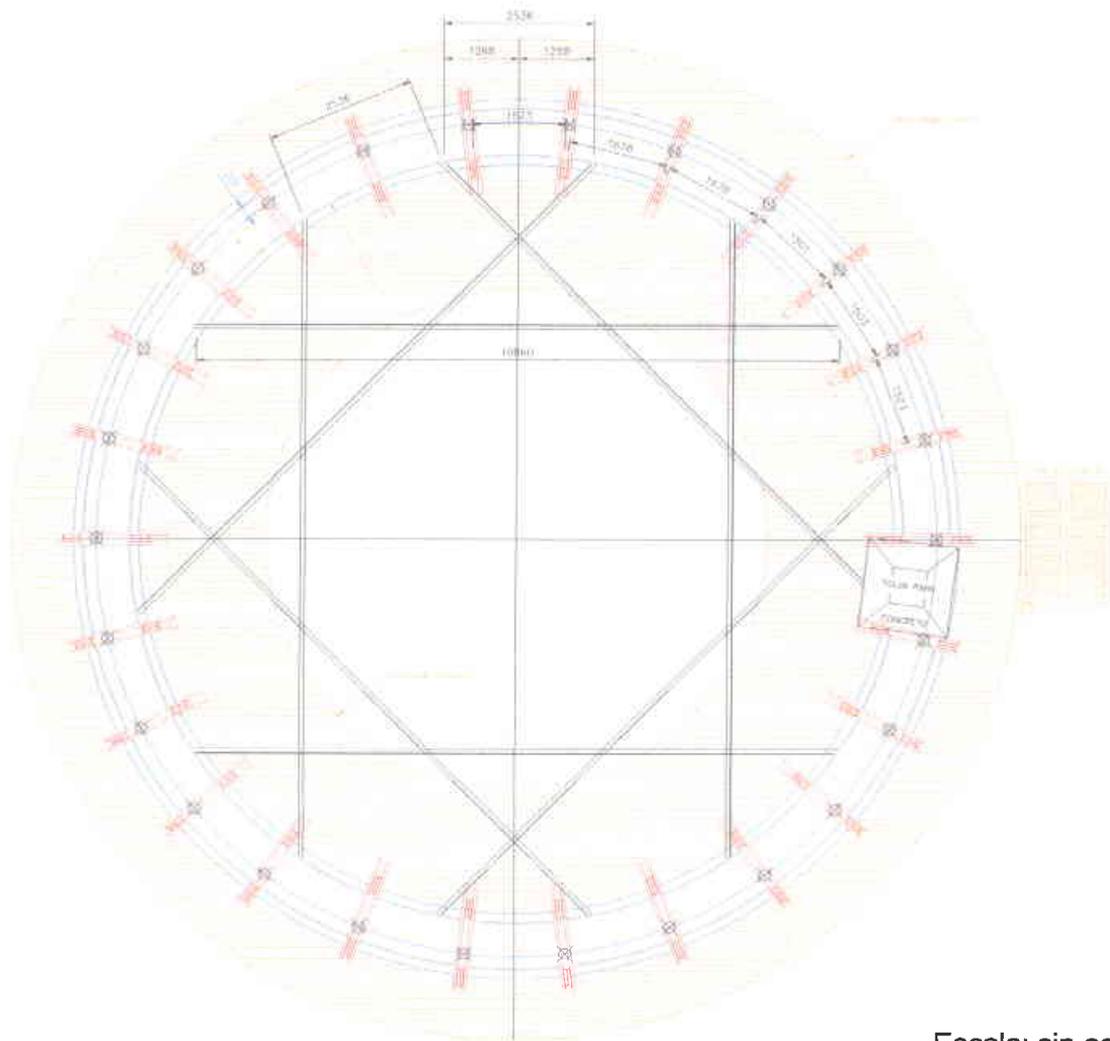
En la siguiente tabla se muestra un resumen de los materiales empleados para la construcción de las diversas plataformas de trabajo:

Elemento	Polin de 4"x4"x8' (pza)	Barrote de 2"x4"x8' (pza)	Duela de 1"x4"x8' (pza)	Tablón de 2"x10"x8' (pza)
Plataforma interior	70		320	
Plataforma exterior	57	77	251	
Plataforma superior	78			36
Plataforma inferior				76

**Tabla 3.6 Materiales empleados para plataformas de trabajo.**



**Figura 3.9 Plataformas de trabajo del silo de homogeneización.**



Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 3.10 Distribución de gatos, armaduras y conformación de plataformas de trabajo.**

### 3.6 Elementos auxiliares.

Para la ejecución de un deslizado se debe tomar en cuenta, que deben intervenir otros elementos que nos ayuden a realizar los trabajos de una manera más eficiente ya que lo importante del sistema es el tiempo que nos toma realizar las diversas actividades.

El 1er factor a tomar en cuenta es que los trabajos se realizaran día y noche, por lo tanto para el turno de la noche se debe colocar un sistema de luminarias que nos permitan realizar las actividades sin ningún contratiempo para ello en el silo de

homogeneización, se colocaron 36 unidades de 100 wats en la plataforma superior y en las plataformas colgantes 25 unidades tanto exterior como interior, de requerirse mayor iluminación esta se adaptara en campo, además en los accesos se dejó colocado otro sistema a base de reflectores para la llegada y salida del personal.

Otro elemento a considerar son los accesos para lo cual se colocaron andamios con escaleras, los cuales en la parte final del deslizado se tenían instalados 68 marcos de 1.80 de altura, 68 tijeras de 1.22 m y 34 escaleras. Por lo general se armaban al nivel de piso dos cuerpos de andamio con su escalera y se colocaban por medio de una torre grúa.

Para el abastecimiento de materiales como son acero, embebidos, agua, entre otros se contó con una torre grúa pingon, la cual su brazo se levantó hasta 70 m de altura y tenía una capacidad de 20 ton.



**Figura 3.11 Ensamblaje de torre grúa para trabajos del deslizado en el silo de homogeneización.**

El suministro de concreto se realizó en un principio por una bomba del tipo telescópica hasta una altura de 28 m a partir de ahí se colocó una grúa estacionaria y se instaló tubo tremi a diversas alturas de acuerdo al ascenso del molde hasta finalizar los trabajos. Para ello se dispusieron 20 tubos tremi con sus respectivas abrazaderas y empaques. Además en la plataforma se contó con una tolva construida de madera con capacidad 0.25 m<sup>3</sup> para la recepción del concreto proveniente de la bomba, concreto que sería distribuido en carretillas para el llenado del molde.



**Figura 3.12 Bomba de concreto tipo pluma y sistema de andamios para accesos.**

Para garantizar que el silo no tuviera desplomes se instaló un sistema de mangueras de nivel además de los sistemas de control que conlleva el uso de gatos hidráulicos, el sistema tenía una salida en cada gato para poder verificar el correcto trabajo de cada uno de los gatos.

Además de estos elementos se contó con herramientas menores como son: garruchas, cable de polipropileno para subir material a los albañiles, cable de acero, tensores, tiffords, diferenciales para el control de plomos, carretillas, vibradores, equipo de oxicorte, planta de soldar, entre otros.

### 3.7 Personal

Para los trabajos del deslizado se contó con el siguiente personal para un solo turno:

Actividad	Cantidad
Ing. Superintendente	01
Ing. Residente	01
Sobrestante	01
Cabo fierro	01
Cabo carpintero	01
Cabo albañil	01

Operador de torre grúa	01
Soldador	02
Oficial herrero	10
Oficial carpintero	05
Oficial albañil	12
Ayudante general	22
Electricista	01
Gatero	01
Carretillero	07
Tolero	04
Vibradorista	02
Suma:	73

Nota: el turno de noche contó con el mismo personal.

**Tabla 3.7 Personal por turno en el deslizado.**

El personal se distribuyó de la siguiente forma para la conformación de los diversos grupos de trabajo.

- Un soldador con un ayudante para la colocación de placas y trabajos de cambio de molde.
- Un herrero con 2 ayudantes en la zona de almacenamiento de acero, para estrobar y suministrar a la plataforma de trabajo.
- 4 herreros con 2 ayudantes para colocación de acero vertical.
- 5 herreros con 3 ayudantes para la colocación de acero horizontal.
- 5 carpinteros con 2 ayudantes para la colocación de embebidos, nivelación de la plataforma, colocación de escalera, tubería de concreto y traslapes de tubo trepa.
- 6 albañiles en la plataforma inferior exterior con 2 ayudantes a nivel de terreno para suministro de materiales y 6 albañiles en la plataforma inferior interior con los 2 ayudantes para suministro de materiales.
- Un electricista con su ayudante para cualquier eventualidad del sistema eléctrico.
- Un Gatero con ayudante para control del timer, bomba y elementos del sistema hidráulico.

- 7 carretilleros para colocación de concreto en todo el molde.
- 4 tolveros para recepción del concreto y suministro a los carretilleros.
- 2 vibradoristas con 2 ayudantes para vibrado de concreto.
- 4 paleros para llenado del molde y limpieza de plataforma de trabajo.

Tanto ingenieros, sobrestante y cabos tenían la responsabilidad de cuidar las distintas áreas de trabajo, para tener un producto con calidad y de acuerdo a las especificaciones marcadas en planos.

### 3.8 Concreto.

El volumen de concreto fue de 554 m<sup>3</sup> en la primera etapa y 558 m<sup>3</sup> en la segunda con una resistencia de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  el cual se colocó con el sistema de colado continuo.

El volumen total de concreto fue de =1112 m<sup>3</sup>,  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  y se colocó de la siguiente manera en la primera etapa 40 m<sup>3</sup> para el llenado del molde en un tiempo de 4 hr. Posteriormente se suministraron 9 m<sup>3</sup> por hora durante los siguientes tres días y medio. En la segunda etapa se suministraron 15.50 m<sup>3</sup> para el llenado de molde y después 4 m<sup>3</sup> por hora durante los siguientes 9 días.

Antes de iniciar un colado las superficies de contacto se limpiaran y saturaran con agua. Se tomará especial cuidado en todas las juntas de columnas y muro en lo que respecta a su limpieza y a la remoción de material suelto o poco compactado posteriormente se aplicara una lechada de cemento para tener una liga entre el concreto existente y el nuevo.

Para el curado del proceso de deslizado se empleará una membrana de curado en ambas caras del muro y se aplicara con un aspersor (bomba de aire manual).

Los concretos que se compacten por medio de vibración tendrán un revenimiento nominal de 12 cm. Los concretos que se compacten por cualquier otro medio diferente al de vibración o se coloquen por medio de bomba tendrán un revenimiento nominal máximo de 14 cm +/- 3.

La siguiente tabla muestra los volúmenes de concreto suministrados por turno y los niveles de trabajo diario.

Turno	Entrada	Salida	Volumen concreto m <sup>3</sup>	Nivel Inicial m	Nivel final m
Día	10:00	19:00	63.30	10.485	12.485

Noche	19:00	7:00	81.60	12.485	14.985
Día	7:00	19:00	81.60	14.985	17.485
Noche	19:00	7:00	81.60	17.485	19.985
Día	7:00	19:00	81.60	19.985	22.485
Noche	19:00	7:00	81.60	22.485	24.985
Día	7:00	19:00	81.60	24.985	27.485
Noche	19:00	7:00	32.60	27.485	29.215
Día	7:00	19:00	33.70	29.215	31.715
Noche	19:00	7:00	33.70	31.715	34.215
Día	7:00	19:00	33.70	34.215	36.715
Noche	19:00	7:00	33.70	36.715	39.215
Día	7:00	19:00	33.70	39.215	41.715
Noche	19:00	7:00	33.70	41.715	44.215
Día	7:00	19:00	33.70	44.215	46.715
Noche	19:00	7:00	33.70	46.715	49.215
Día	7:00	19:00	33.70	49.215	51.715
Noche	19:00	7:00	33.70	51.715	54.215
Día	7:00	19:00	33.70	54.215	56.715
Noche	19:00	7:00	33.70	56.715	59.215
Día	7:00	19:00	33.70	59.215	61.715
Noche	19:00	7:00	33.70	61.715	64.215
Día	7:00	19:00	33.70	64.215	66.715
Noche	19:00	7:00	35.40	66.715	69.343

**Tabla 3.8 Avances por turno y volúmenes de concreto suministrado.**

Nota: los niveles indicados son de acuerdo al proyecto y están referidos a bancos de nivel ubicados en la planta se cementos y concretos nacionales.

Durante los trabajos del deslizado se deberá contar con un concreto que además de garantizarnos la resistencia y revenimiento marcados en el proyecto, nos arroje un fraguado de 30 a 40 cm durante todos los trabajos de colado continuo, para así poder realizar el izaje del sistema.

Se debe tomar especial cuidado al concreto en el turno de noche ya que al tener una disminución de la temperatura ambiente, esta afecta el fraguado del mismo. Por ello

se le indicará a los proveedores del concreto que tomen en cuenta esta contingencia y apliquen algún aditivo para que el concreto ofrezca las mismas características de fraguado y no tener retrasos ocasionados por este motivo.

El método usado en campo para la verificación del fraguado es el siguiente:

- Se contará en campo con una varilla lisa con una altura mayor a la del molde. Esta varilla tendrá un tope en su parte superior el cual esta ubicado a la altura del molde.
- Una vez vaciado el concreto se espera un tiempo determinado para que pueda el concreto fraguar y se realicen las primeras mediciones.
- Se tomará una lectura en por lo menos ocho puntos del molde para conocer el fraguado que guarda el concreto. La lectura se efectuará introduciendo la varilla al concreto vaciado en el molde y revisando hasta que profundidad es capaz de hundirse esta varilla. Si la varilla no se introduce por completo es indicativo de que el concreto ya tiene cierto fraguado.
- Para conocer que fraguado tiene el concreto se restara la longitud total de la varilla con respecto a la longitud de varilla que se hundió en el concreto. Por ejemplo si la varilla tiene 1.20 m de longitud hasta el tope que se le marco y solo se hundió 0.80 m por lo tanto se tendrá un fraguado de 0.40 m.

Se debe tener especial cuidado en el fraguado del concreto ya que en condiciones normales y en deslizados que no requieran tratamientos especiales como el que se detallara en el capítulo 5, por turno se espera un rendimiento de 2.50 m de avance con respecto a la altura y en caso de que se tengan fraguados inferiores a los 30 cm y 40 cm nos provocaran retrasos en los trabajos, ocasionando un gasto mayor en mano de obra.

### **3.9 Acero de refuerzo.**

Para el acero de refuerzo existen dos procesos que deben realizarse, uno es el habilitado, que implica los cortes de varillas de acuerdo a lo estipulado en planos, y debe iniciar conjunto con los trabajos de habilitado del sistema de cimbra deslizante ya que para el inicio del colado continuo se debe de contar con todo el acero para evitar cualquier retraso. El otro proceso es la colocación del acero de acuerdo a las especificaciones marcadas en planos.

Contando con todo el acero debe estibarse en un área cerca de la zona de trabajo para facilitar los trabajos. A continuación se muestra una tabla con el despiece utilizado para la construcción del muro del silo de homogeneización.

	MEDRANO Y ASOCIADOS CONSTRUCCIONES INTERNACIONAL S.A. DE C.V.	<b>2da LINEA DE PRODUCCION CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES</b>
	<b>DESPIECE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	
	ESTRUCTURA: SILO DE HOMOGENEIZACION ELEMENTO: ARMADURA PAREDES +10 40.....+30 04m	FECHA: FEBRERO DE 2003 PLANO: 1217376

TIPO DE PIEZA	TIPO DE PIEZA	MARCA	LONGITUD						N° DE PIEZAS	3/8" Ø	1/2" Ø	5/8" Ø	3/4" Ø	1" Ø	1 1/4" Ø	1 1/2" Ø	
			a	b	c	d	e	f									TOTAL
TIPO I	TIPO II	III Tipo 1	5.00					6.00	251								4.989
		III Tipo 2	7.00					7.00	249								6.928
		III Tipo 3	6.000					6.00	919				12.407				
		III Tipo 4	4.35					4.35	13				0.127				
		III Tipo 5	4.000					4.00	298								
		I Tipo 6	0.63	0.50	0.50				1.63	80		1.187					
TIPO III	TIPO IV	I Tipo 7	0.63	1.20	1.20			3.03	286		0.130						
		III Tipo 8	4.00					4.00	34				1.950				
		III Tipo 9	5.80					6.80	14				0.306				
		V Tipo 10	3.500	0.400	1.35			5.20	70		0.363						
		III Tipo 11	3.850					3.85	14								
		III Tipo 12	5.800					5.80	34					0.121			
TIPO V	TIPO VI	III Tipo 13	5.35					5.35	14					0.757			
		III Tipo 14	12.00					12.00	447					0.189			
		III Tipo 14'	5.30					5.30	76					12.069			
		III Tipo 14"	10.10					10.10	24					0.306			
		III Tipo 15	12.00					12.00	327					0.546			
		III Tipo 15'	6.00					6.00	24					8.829			
TIPO VII	TIPO VIII	III Tipo 15"	8.00					8.00	17					0.324			
		III Tipo 16	12.000					12.00	84					0.306			
		III Tipo 16'	8.050					8.05	21						4.007		
		III Tipo 17	12.00					12.00	69						0.872		
		III Tipo 17'	4.20					4.20	17						3.244		
		VII Tipo 18	0.10	0.10	0.69	0.10	0.10		1.09	2900	1.761						
TIPO IX	TIPO X	III Tipo 19	6.80					6.80	5						0.205		
		III Tipo 20	6.80					6.80	17								
		III Tipo 21	5.00					5.00	10						0.446		
		III Tipo 22	0.65					0.65	16					0.078			
		I Tipo 23	0.70	0.48	0.47				1.65	44		0.072				0.041	
		III Tipo 24	4.30					4.30	6							0.143	
TIPO X	TIPO X	I Tipo 25	0.89	0.80	0.80			1.69	16								
		I Tipo 26	0.87	0.80	0.80			1.67	16			0.027					
		I Tipo 27	0.87	0.80	0.80			1.67	16			0.027					
		I Tipo 28	3.00					1.57	78		0.068						
		III Tipo 28'	3.00					3.00	36					0.168			
		III Tipo 29	6.00					6.00	240					3.240			
									3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"		
									1.829	1.805	0.246	41.613	21.911	0.205	0.000		

**PESO TOTAL 67.110 TONS.**

**Tabla 3.9 Formato de despiece del silo de hormo muro de 0.75 m de espesor.**



MEGRAND Y ASOCIADOS  
CONSTRUCCIONES  
INTERNACIONAL S.A. DE C.V.

## 2da LINEA DE PRODUCCION CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES

### DESPIECE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESTRUCTURA : SILO DE HOMOGENEIZACION

FECHA : FEBRERO DE 2003

ELEMENTO : ARMADURA PAREDES +10.40.....+30.04m

PLANO : 1217375

PAGINA : 1

DE : 1

TIPO DE PIEZA	TIPO DE PIEZA	MARCA	LONGITUD							N° DE PIEZAS	3/8" Ø	1/2" Ø	5/8" Ø	3/4" Ø	1" Ø	1 1/4" Ø	1 1/2" Ø	
			a	b	c	d	e	f	TOTAL									
TIPO I 	TIPO II 	III Tipo 35	5.00							5.00	143				1.609			
		III Tipo 36	9.50							6.50	142				2.077			
		III Tipo 41	3.70							3.70	127				1.057			
		III Tipo 42	3.800							3.80	38				0.325			
		I Tipo 43	0.17	0.50	0.50					1.17	11		0.013					
TIPO III 	TIPO IV 	III Tipo 46	4.50						4.50	4					0.072			
		III Tipo 47	4.50						4.50	4					0.072			
		III Tipo 48	5.00						5.00	12					0.239			
		VIII Tipo 51	0.500	0.450	0.25	0.45	0.50		2.15	4		0.009						
		VIII Tipo 52	0.500	0.30	0.25	0.30	0.50		1.85	4		0.007						
TIPO V 	TIPO VI 	I Tipo 53	0.630	0.70	0.70				2.03	12				0.055				
		III Tipo 54	3.35						3.35	13				0.096				
		III Tipo 55	2.10						2.10	5				0.024				
		III Tipo 57	3.00						3.00	39			0.163					
		III Tipo 58	6.00						6.00	30					0.716			
TIPO VII 	TIPO VIII 	VII Tipo 59	0.10	0.10	0.24	0.10	0.10		0.64	400	0.143							
		III Tipo 60	6.00						6.00	500					11.925			
		III Tipo 61	4.50						4.50	132				1.337				
		III Tipo 62	5.500						5.50	119				0.842				
		III Tipo 63	3.200						3.20	117				0.968				
TIPO IX 	TIPO X 	III Tipo 64	5.00						5.00	6				0.130				
		III Tipo 65	4.45						4.45	13				0.087				
		III Tipo 66	5.30						5	7.000								
											3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	
											0.143	0.029	0.183	8.180	13.022	0.006	0.000	
<b>PESO TOTAL</b>															<b>22.556 TONS.</b>			

Tabla 3.10 Formato de despiece del silo de homo muro de 0.75 m de espesor (complemento).



MEDRANO Y ASOCIADOS  
CONSTRUCCIONES  
INTERNACIONAL S.A. DE C.V.

## 2da LINEA DE PRODUCCION CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES

### DESPIECE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESTRUCTURA : SILO DE HOMOGENEIZACION

FECHA : FEBRERO DE 2003

ELEMENTO : ARMADURA PAREDES +30.04m.....+69.258

PLANO : 1217376

PAGINA : 1

DE : 1

TIPO DE PIEZA	TIPO DE PIEZA	MARCA	LONGITUD							N° DE PIEZAS	3/8" Ø	1/2" Ø	5/8" Ø	3/4" Ø	1" Ø	1 1/4" Ø	1 1/2" Ø	
			a	b	c	d	e	f	TOTAL									
TIPO I	TIPO II	III Tipo 1	6.00						6.00	4190			39 218					
		III Tipo 2	5.00						9.00	300			2 340					
		III Tipo 3	12.00						12.00	1000						47 700		
		III Tipo 4	8.050						0.05	250						8 000		
		III Tipo 4'	12.00						12.00	532						25 376		
TIPO III	TIPO IV	III Tipo 5	6.80						6.80	139					3 595			
		III Tipo 5	12.00						12.00	566				15 282				
		III Tipo 6	3.80						3.60	139			1 126					
		I Tipo 6	0.170	0.800	0.80				1.77	240		0.423						
		VI Tipo 7	0.100	0.10	0.24	0.10	0.10		0.64	8000	2.139							
TIPO V	TIPO VI	I Tipo 8	0.170	0.35	0.35				0.87	60	0.029							
		III Tipo 9	2.00						2.00	28				0 126				
		I Tipo 10	0.24	0.50	0.50				1.24	24		0.030						
		III Tipo 11	0.24	0.500	0.500				1.24	24		0.030						
		III Tipo 12	1.70						1.70	82					0.216			
TIPO VII	TIPO VIII	I Tipo 13	0.38	0.50	0.50				1.38	24		0.033						
		I Tipo 14	0.34	0.50	0.50				1.34	24		0.032						
		I Tipo 15	0.23	0.50	0.50				1.23	12		0.015						
		I Tipo 16	0.368	0.50	0.50				1.37	8		0.008						
		I Tipo 17	0.247	0.50	0.50				1.25	6		0.007						
TIPO IX	TIPO X	I Tipo 18	0.25	0.50	0.50				1.25	6		0.007						
		I Tipo 19	0.24	0.50	0.50				1.24	9		0.011						
		I Tipo 20	0.24	0.50	0.50				1.24	9		0.011						
		I Tipo 21	0.17	0.50	0.50				1.17	11		0.013						
		III Tipo 22	2.50						2.50	2				0.011				
TIPO X	TIPO XI	III Tipo 23	2.00						2.00	64				6 286				
		III Tipo 24	4.50						4.50	6					0.107			
		III Tipo 25	4.50						4.50	6					0.107			
		III Tipo 26	6.45						6.45	10			0.101					
		III Tipo 27	3.15						3.15	10			0.049					
TIPO XI	TIPO XII	I Tipo 28	0.12	0.35	0.35				0.82	144	0.086							
		III Tipo 29	3.00						3.00	48						0.572		
		III Tipo 30	3.00						3.00	48						0.572		
		I Tipo 31	0.41	0.50	0.50				1.41	6		0.008						
		III Tipo 32	3.50						3.50	300			1 635					
											3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	
											2.234	0.629	43.346	16.833	86.247	0.000	0.000	
											<b>PESO TOTAL</b>		<b>149.288 TONS.</b>					

Tabla 3.11 Formato de despiece del silo de homo muro de 0.30 m de espesor.

Durante el deslizado del silo de homogeneización se colocaron 239 ton de acero, 89.5 ton en la 1er etapa para el muro de 0.75 m y 149 ton en la segunda etapa para el muro de 0.30 m. El volumen de acero por diámetro fue el siguiente  $3/8" = 4.2$  ton,  $1/2" = 2.5$  ton,  $5/8" = 44$  ton,  $3/4" = 68$  ton,  $1" = 120.52$  ton,  $1 1/4" = 0.205$  ton.

El arreglo del acero correspondiente al muro de 0.75 m en sentido vertical se inició en el nivel + 10.485 m con varilla de  $\phi = 1"$  a cada 0.15 m teniendo una pieza de 5 m y 7 m para cuidar no repetir los traslapes, a continuación se traslaparon estas piezas con varillas de  $\phi = 1"$  de 6 m de longitud a la misma separación tanto en la zona interior como exterior, a partir del nivel + 17.70 m se inicia con la colocación de piezas de  $\phi = 3/4"$  de 6 m de longitud con la misma separación en ambos lados, en la zona interior cambia esta distribución a partir del nivel + 22.30 m ya que se busca dejar el nivel para la transición del muro de 0.75 m a 0.30 m, cambiando a piezas de  $\phi = 3/4"$  de 5.50 m de longitud y al nivel + 24.60 m una pieza de  $3/4"$  de 3.20 m de longitud. Estos dos tipos de piezas quedarían al nivel de finalización del muro de 0.75 m. En la zona exterior que continuara con el muro se cambian las piezas de 6m hasta del nivel + 26.90 m por piezas de  $3/4"$  de 4.50 m y al nivel + 29.20 m piezas de  $3/4"$  de 3.70 m quedando estas piezas listas para continuar con los traslapes correspondientes al muro de 0.30 m.

En el sentido horizontal se inicio con varilla de  $\phi = 3/4"$  de 12 m de longitud con diversos complementos para los cerramientos del aro a una separación de 0.17 m desde el nivel + 10.40 m al + 25.20 m tanto en la zona interior como exterior. Del nivel + 25.20 m al + 27.883 m se aplica un refuerzo mayor colocando varilla de  $\phi = 1"$  de 12 m a cada 0.125 m en la zona exterior y en el interior el mismo tipo de varilla pero con una separación de 0.15 m. En el inicio del cambio de sección del nivel + 27.883 m al + 30.04 m se continuó con varilla de  $\phi = 3/4"$  de 12 m de longitud en la zona interior con una separación de 0.075m en el exterior y 0.090m en el interior.

Para dar mayor rigidez al muro se colocaron grapas de 0.67 m de espesor ancladas de la varilla horizontal exterior a la interior dejando 4 pzas/m<sup>2</sup>. En el cerramiento que daría piso para inicio del cono se colocaron unas grapas en forma de U de  $\phi = 3/4"$  a cada 0.15 m. En general ese fue el arreglo del acero en el muro de 0.75 m existieron diversos puntos en los que cambio el refuerzo debido a huecos y embebidos para los cuales se respetaron las diversas especificaciones de planos cuidando recubrimientos y traslapes.

El arreglo de acero del muro de 0.30 m en el sentido vertical inició con varilla de  $\phi = 5/8"$  de L= 6m a cada 0.15 m tanto en la zona interior como exterior desde el nivel + 30.04 m y se continuaron los traslapes con el mismo tipo de varilla hasta en nivel + 65.34 m donde cambia a varilla de  $\phi = 5/8"$  de L= 5 m y al nivel + 65.84 m con varilla de  $\phi = 5/8"$  de 3.5 m de longitud con estas dos piezas se dejo el cerramiento para la finalización del deslizado.

El acero horizontal se continuo con varilla de  $\phi = 1"$  de 12 m de longitud de nivel + 30.04 m al + 49.99 m con una separación de 0.15 m tanto en el exterior como interior. A partir del nivel + 49.99 m al + 69.215 m en la zona exterior se continuó con varilla de  $\phi = 1"$  a cada 0.165 m. En el interior del nivel + 49.99 m al + 60.99 m se coloca varilla de  $3/4"$  de 12 m de longitud a cada 0.125 m y se finalizo de + 60.99 m al + 69.215 m con la misma varilla pero a una separación de 0.16 m. También se colocaron grapas de  $\phi = 3/8"$  de 0.22

m de espesor 4pzas/m<sup>2</sup>. Para el cerramiento se colocaron grapas en forma de U de  $\phi = \frac{1}{2}$ " a cada 0.15 m, estas quedaron arriba del nivel de finalización del muro ya que servirían de anclaje para el acero correspondiente a la losa tapa.

Para cuidar el recubrimiento se clavaron tubos de 0.20 m y de 5 cm de diámetro a cada metro tanto en el molde exterior como el interior, esto con la finalidad de que al ir realizando el izaje la plataforma el acero horizontal roce con los tubos y estos no permitan que el acero pegue con el molde y se pierda el recubrimiento especificado para el muro.

En los anexos se muestran los planos correspondientes a la distribución del acero.

### 3.10 Embebidos.

En los embebidos agrupamos a los diversos huecos y placas que servirán de anclaje para elementos que posterior al deslizado formaran parte del edificio. Al igual que con el acero estos elementos deben ser fabricados con anticipación para no tener contratiempos durante la ejecución de los trabajos del deslizado.

El caso de los huecos para ventana y puertas se pueden fabricar con marcos de madera y los huecos redondos pueden realizarse con tambores bien reforzados para evitar deformaciones ante la acción del concreto durante el vaciado. Las placas deberán ser fabricadas en talleres fuera de la obra o en campo con cuadrillas de soldadores de acuerdo a las especificaciones marcadas en planos.

Es importante durante el transcurso de los trabajos del deslizado anticiparse a la colocación de cualquier embebido ya que si no se colocan los elementos al nivel indicado será imposible realizar alguna rectificación lo cual acarrearía problemas en los trabajos subsecuentes de la conformación del edificio tanto en tiempo como en proceso constructivo.

A continuación se muestra una tabla con los eventos más relevantes durante el deslizado:

EVENTO	CARACTERÍSTICAS	NIVEL INFERIOR m	NIVEL SUPERIOR m
Inicio de deslizado	Muro de 0.75 m	10.485	27.968
Hueco en puerta	4 x 4 mts	11.285	15.285
Embebidos	4 pzas 302-1	15.905	16.405
Embebidos	2 pzas 302-2	16.165	NA
Hueco en ventana	2 x 2.62 mts	16.165	18.785
Preparación para trabes	3 pzas 0.60 x 0.30 de espesor	18.235	19.435
Embebidos	2 pzas 302-2	18.345	18.645

Embebidos	2 pzas 302-2	18.785	19.085
Embebidos	9 pzas 302-2	22.335	22.635
Hueco	0.45 mt	25.314	25.764
Hueco	2 pzas 0.60 mt	26.575	27.175
Cambio de sección en muro	Muro de 0.30 m	27.968	69.343
Hueco	1.5 x 1.4 mt	30.125	31.525
Embebidos	4 pzas 302-6 y 4 pzas 302-7	31.942	32.654
Embebidos	4 pzas 302-5	32.430	34.230
Hueco para recepción de vigas tipo 1	4 pzas.	68.348	69.343
Hueco para recepción de vigas tipo 2	4 pzas.	68.398	69.343
Hueco para recepción de vigas tipo 3	2 pzas.	69.027	69.343
Hueco para recepción de vigas tipo 4	2 pzas.	69.027	69.343
Hueco para recepción de vigas tipo 5	2 pzas.	69.027	69.343
Fin de deslizado			69.343

**Tabla 3.12 Relación de embebidos en el silo de homogeneización.**



**Figura 3.13 Detalle de colocación de placa y refuerzo adicional de acero.**

Dentro de los embebidos existen placas que se van colocando en el transcurso de los trabajos sin que estén marcadas en las especificaciones de los planos; estas placas sirven para realizar los debidos atraques para la torre de escalera que sirve de acceso y en caso de algún desplome placas que sirvan para por medio de un tirfor aplicar una fuerza en sentido contrario al desplome. Para el caso de atraque de escalera se colocaron en el silo de homogeneización 34 placas de 0.20 m x 0.20 m x ¼".

### 3.11 Cambio de sección

La conformación del edificio del silo de homogeneización implicaba el cambio de sección del muro de 0.75 m a 0.30 m de espesor al nivel + 27.968 m, para ello al sistema de cimbra deslizante se le deben realizar algunas adecuaciones.

El cambio de sección implica dos procesos, uno el fabricar un molde o cimbra con las características adecuadas para los nuevos diámetros que conformarían el silo. El otro es la realización de trabajos referentes a la colocación de la cimbra durante el deslizado.

La 1er consideración que debemos tomar es que toda la estructura armada para los trabajos del muro con espesor 0.75 m serán utilizados íntegramente solo se realizarán cambios en la cimbra del molde interior para obtener un espesor de muro de 0.30 m.

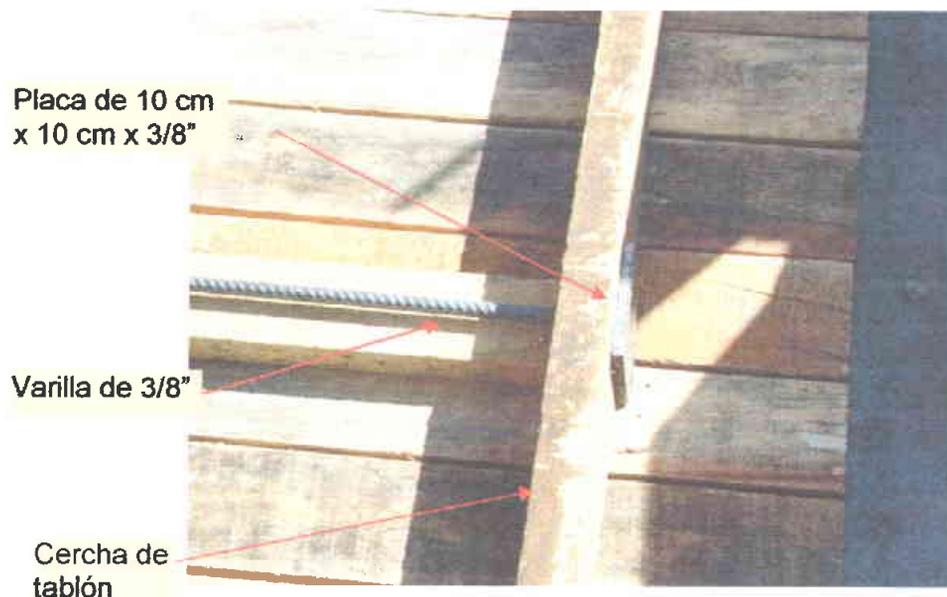
La fabricación del molde interior del cambio de sección es realizado bajo las mismas premisas que el molde original usado para el muro de 0.75 m excepto que la altura de las tarimas será de 1.10 m. Por lo tanto se construyeron 37 tarimas, con cerchas cortadas a un radio de 6.968 m.

Teniendo el siguiente consumo de materiales.

	Nº de tarimas pza	Hojas de triplay de 6 mm (pza)	Duelas de 1"x4"x8' (pza)	Tablón de 2"x12"x8' (pza)	Lamina galvanizada cal 26 de 4'x10' (pza)
Molde interior cambio de sección	37	19	204	19	1

**Tabla 3.13 Materiales empleados para fabricación del molde de cambio de sección.**

Además de la diferencia en altura de las tarimas armadas para el cambio de molde, existen 2 elementos más que cambian con respecto a una tarima normal. Estas son que al centro de los 2 tableros de la cercha se realiza un orificio de ½" con el fin de insertar una varilla de 3/8" de 2 m de longitud con gancho en la punta superior y una placa de 10 cm x 10 cm x 3/8" soldada en la parte inferior de acuerdo a la siguiente figura.



**Figura 3.14 Tarima destinada p/cambio de molde.**

El otro elemento que diferencia este tipo de tarima a la convencional es que éste no se aplica el proceso de cosido ni embrisado ya que las tarimas solo se apuntalan del molde existente.

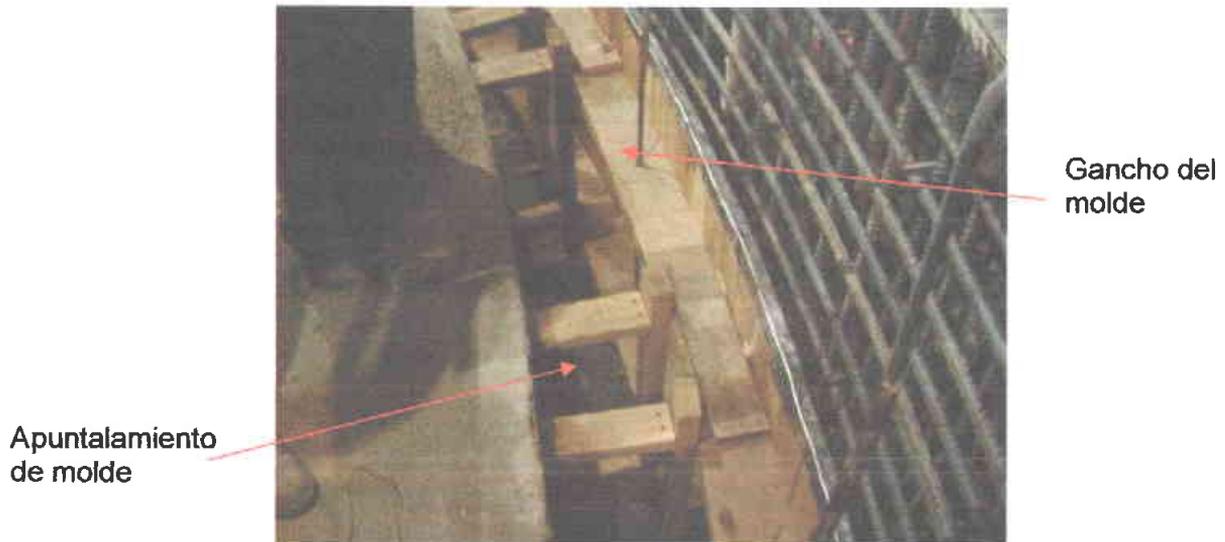
El montaje del molde se lleva a cabo de la siguiente forma. Cuando la parte superior del molde llega al nivel de cambio de sección en este caso el + 27.968 m un grupo de albañiles iniciará trabajos de enrasado y acabado de la superficie que posteriormente servirá de base para los trabajos del cono. Finalizado este proceso se continua con el izaje del sistema de cimbra deslizante, sacándolo en forma continua hasta liberarlo 1.10m arriba del nivel marcado para el cambio de sección, de ahí el por que la altura del molde de cambio de sección es de 1.10 m de altura, cabe resaltar que el sistema no debe sacarse mas del 1.10 m ya que se pierde estabilidad, además los trabajos deben realizarse a la brevedad posible ya que la zona del molde que aún esta en contacto con el concreto 0.10 m puede ocasionar que la cimbra quede pegada y al reiniciar los trabajos ocasionara problemas técnicos.

Al mismo tiempo que se continúa con el izaje del molde para sacarlo 1.10 m arriba del nivel de cambio de sección, se inicia la colocación de varilla de 1" soldada sobre los yugos, esto con el fin de que el nuevo molde que posee una varilla con gancho pueda colgarse de esta y así realizar el izaje del nuevo molde.



**Figura 3.15 Esquema del sistema de soporte para el nuevo molde.**

Habiendo realizado los dos procesos antes mencionados se inicia la colocación de las nuevas tarimas, llevando un estricto control de su nivelación y verticalidad. Cumpliendo estos requisitos se apuntalan del molde interior existente mediante dos mitades de barrote por cada tarima, a 30 cm de la unión con otra tarima tanto en la parte superior como inferior. Además en cada junta de tarima clava  $\frac{1}{4}$  de duela para dar la unión necesaria al molde. Para estos trabajos se ocuparon 74 barrotos de 2"x 4" x 8' y 18 duelas.



**Figura 3.16 Colocación de nuevo molde interior.**

Finalizados los trabajos de colocación de molde queda aún una última tarea para poder reiniciar los trabajos del izaje del molde, este es el sellado del hueco existente entre el molde interior original y el molde interior del cambio de sección, este proceso se realiza mediante la colocación de pedacera de madera ya sea triplay o duelas el hecho es dejar una superficie sobre la cual las carretillas tengan un mejor acceso para el llenado del molde.



*Figura 3.17 Sellado del molde.*

# CAPÍTULO 4

## SILOS DE CEMENTO



#### 4.1 Antecedentes.

Cuando el cemento ha pasado por todos los procesos para obtener su constitución final es dispuesto en silos para su posterior distribución.

En la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA) se construyeron 4 silos idénticos para el almacenamiento de cemento, dos en la primera línea de producción y dos en la segunda línea de producción. Cada edificio consta de una zapata circular, muros de 0.70 m de espesor a una altura de 11.069 m y 0.30 m de espesor a una altura de 33.519 m, losa de piso para la colocación de basculas, una losa intermedia, un cono invertido y una losa tapa base de vigas de acero sobre las cuales se colocó losacero.

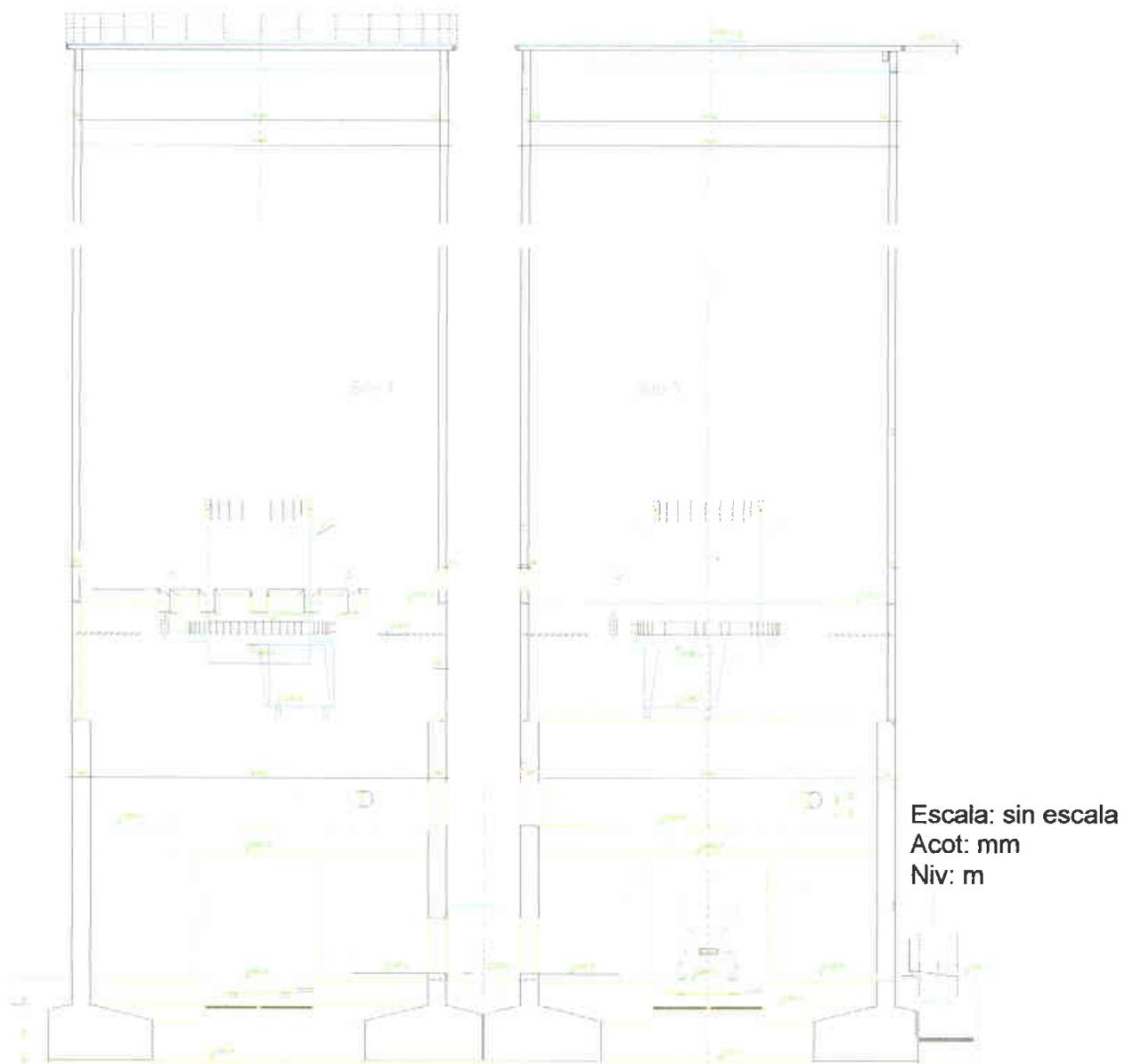


Figura 4.1 Silos de Cemento.

Ambos silos tienen las mismas dimensiones con una altura total de 44.588 m, de acuerdo a especificaciones marcadas en planos: el concreto en cimentación fue de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y en la estructura  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  (muro, losa tapa e intermedia, cono invertido), y el acero de refuerzo  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

En general parece ser que estos silos tienen características muy similares a la del silo de homogeneización salvo la variación de la altura, pero para estos silos gemelos se ideó que se pudieran deslizar conjuntamente lo que llevo connotaciones distintas en cuanto a la preparación de los trabajos.

Al igual que en el silo de homogeneización para llevar a cabo la instalación de todo el sistema de cimbra deslizante se realizaron las mismas actividades teniendo volúmenes de trabajo diferentes. Las actividades más representativas precias a la colocación del sistema de cimbra deslizante fueron: Excavación, relleno con material mejorado, construcción de la zapata entre otros, obteniendo los siguientes volúmenes de trabajo:

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
1. Excavación.	6228	m <sup>3</sup>
2. Relleno con material mejorado.	3296	m <sup>3</sup>
3. Plantilla	57.60	m <sup>3</sup>
4. Acero en zapata de cimentación	57.41	ton
5. Cimbra en zapata de cimentación.	298.52	m <sup>2</sup>
6. Concreto en zapata de cimentación.	808.13	m <sup>3</sup>

**Tabla 4.1 Volúmenes de obra previos al montaje del sistema de cimbra deslizante, silos de cemento .**

#### 4.2 Molde.

Para el inicio de la construcción del molde debemos conocer las dimensiones de los silos de cements, las cuales englobamos en la siguiente tabla:

	Nivel de inicio m	Nivel de terminación m	Diámetro interior m	Diámetro exterior m	Espesor de muro m	Altura m
1er etapa	+4.664	+15.733	13.200	14.600	0.70	11.069
2da etapa	+15.733	+49.252	14.000	14.600	0.30	33.519

**Tabla 4.2 Datos preliminares para construcción del molde.**

Nota: los niveles indicados están referidos a bancos de nivel ubicados en la planta de cements y concretos nacionales.

Si prestamos atención el radio exterior de los silos de cemento coincide con el del silo de homogeneización por lo que se podría utilizar por lo menos para uno de los dos silos de cemento el molde del silo de homogeneización, pero al estar realizando las diversas actividades en ambos edificios y por la premura de los trabajos no se tuvo tiempo para el desmontaje del molde del silo de homogeneización por ello se utilizó madera nueva para la conformación del nuevo molde.

En el molde de los silos de cemento se construyeron 76 tarimas para el molde exterior y 68 tarimas para el molde interior. Los materiales empleados para la construcción de las tarimas fueron tablón de 2"x 12"x 8', hojas de triplay de 19 mm y duela 1"x 4"x 8'. El espesor del triplay con respecto al usado al silo de homogeneización fue mayor esto con el fin de evitar deformaciones durante los trabajos del deslizado.

Las cerchas para la conformación de las tarimas fueron cortadas de acuerdo a los siguientes radios: radio de corte exterior 7.344 m y el radio de corte interior fue de 6.555 m.

Contando con todas las materias primas para la fabricación del molde se procedió a su ensamblaje, colocación en situ, cosido y embreisado teniendo el siguiente gasto de materiales. Nota: por haber usado triplay de 19 mm en la fabricación del molde hubo que usarse pijas además del clavo de 2 ½" para la unión de la duela con el triplay en el ensamblaje de las tarimas.

A continuación se muestra un resumen de materiales empleados para la fabricación del molde:

	Nº de tarimas pza	Hojas de triplay de 6mm (pza)	Duela 1"x4"x8' (pza)	Tablón 2"x12"x8' (pza)	Barrote 2"x4"x8' (pza)	Tornillos de 3/8" x 5"	Lamina galvanizada cal 26 de 4'x10' (pza)
Molde interior	68	34	374	68	34	544	2
Molde exterior	76	38	418	76	38	608	2

**Tabla 4.3 Materiales empleados para fabricación de molde.**

### 4.3 Sistema de rigidización.

En los silos de cemento el sistema de rigidización tendría un mayor protagonismo ya que este sería el elemento que ligaría a los moldes de los dos silos para poder llevar a cabo el deslizado de ambos en conjunto. Las armaduras se realizaron a base de PTR (perfil tubular rectangular) del tipo OR 76 x 76 x 4.8 y OR 51 x 51 x 3.2.

En cada silo las armaduras estuvieron compuestas básicamente por dos cuadros uno central y otro a 45°. Todas las armaduras se conectarían al molde excepto las CA-7 las cuales cumplirían una función especial, que sería la de cargar todo el peso del sistema de cimbra deslizante. Esto se realizó al cambiar las piernas que corresponderían a los gatos de 6 ton (ver detalle en subtema 3.4).

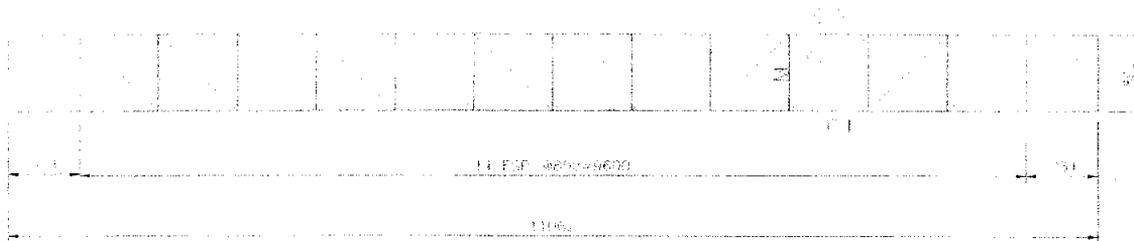
También otro aspecto significativo fue la introducción de cabrillas adicionales en el lado este del silo 3 y oeste del silo cuatro. Estas cabrillas se utilizaron para ligar a los moldes del silo 3 con el silo 4 en su parte exterior.

A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de materiales utilizados para la fabricación del sistema de rigidización de los silos de cemento:

Armadura	N° de piezas	OR 76 x 76 x 4.8	OR 51 x 51 x 3.2
		(ton)	(ton)
CA-1	4	0.451	0.637
CA-2	4	0.294	0.400
CA-3	8	0.323	0.525
CA-4	8	0.244	0.384
CA-5	16	0.304	0.445
CA-6	8	0.170	0.236
CA-7	16	0.229	0.393
AR-1	2	0.083	0.113
AR-2	4	0.067	0.090
AR-3	4	0.059	0.086
RI-1	1	0	0.050
<b>TOTAL</b>		<b>2.30</b>	<b>3.40</b>

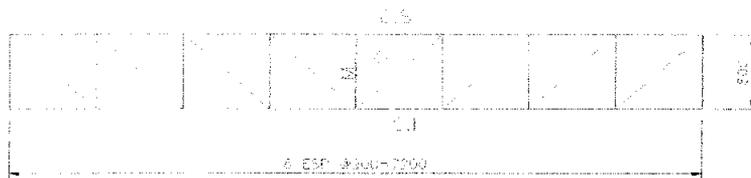
**Tabla 4.4 Materiales empleados para fabricación de sistema de rigidización.**





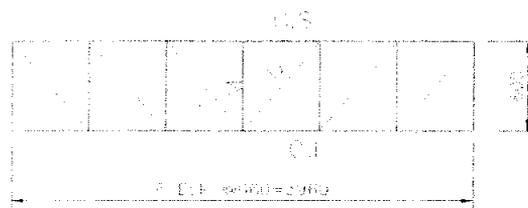
**Figura 4.3 Detalle de la armadura CA-1.**

Escala: sin escala  
Acot: mm



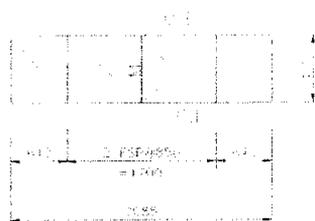
**Figura 4.4 Detalle de la armadura CA-2.**

Escala: sin escala  
Acot: mm

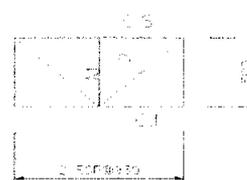


**Figura 4.5 Detalle de la armadura CA-3.**

Escala: sin escala  
Acot: mm



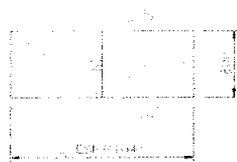
**CA-4**



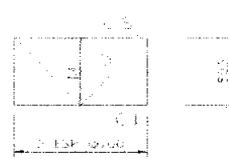
**CA-5**

Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 4.6 Detalle de la armadura CA-4 y CA-5.**



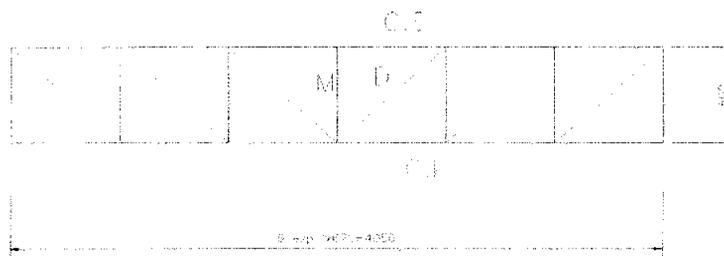
**CA-6**



**CA-7**

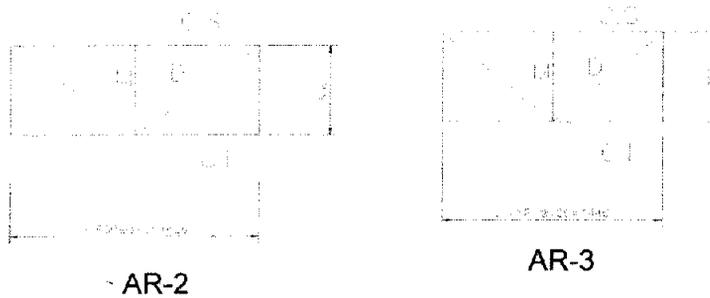
Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 4.7 Detalle de la armadura CA-6 y CA-7.**



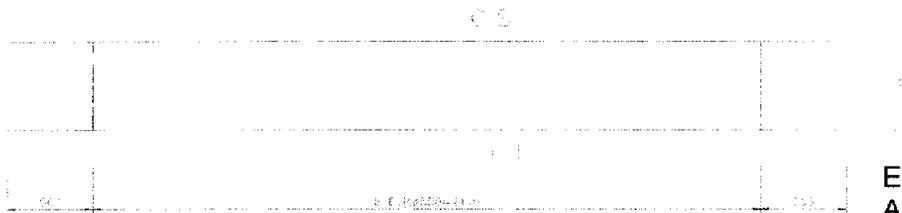
Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 4.8 Detalle de la armadura AR-1.**



Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 4.9 Detalle de la armadura AR-2 y AR-3.**



Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 4.10 Detalle de la armadura RI-1.**

Armado de cabrillas



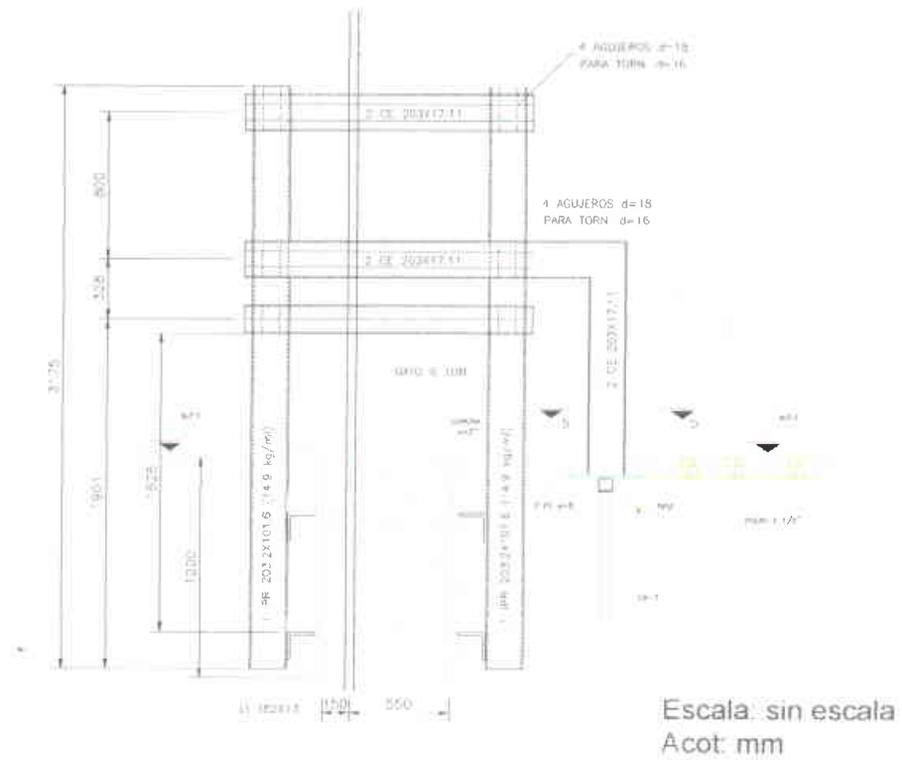
**Figura 4.11 Armado cabrillas y colocación de piernas, silos de cemento 3 y 4.**

#### **4.4 Sistema de izaje de plataforma de trabajo y molde.**

El sistema por el cual se optó para el izaje de las plataformas de trabajo y el molde fue el hidráulico, constituido mediante cuatro circuitos independientes dos por cada silo derivado de una salida de la central hidráulica de bombeo. Se colocaron 16 gatos de 3 ton y 8 gatos de 6 ton en el silo 3 y la misma cantidad para el silo 4.

En el caso de los gatos de 3 ton se colocaron 64 piernas y 32 yugos por ambos silos, para los gatos de 6 ton se construyeron piernas y yugos más rígidos, ya que estos gatos como tienen mayor capacidad de carga en el deslizado del silo de homogeneización provocaron serios problemas, por lo cual con la inclusión de estas piernas se pretendió que estos gatos absorbieran una mayor carga al momento del izaje, por lo tanto se construyeron 16 juegos de piernas y 16 juegos de yugos. Los materiales empleados para la construcción de estos yugos y piernas fueron IPR de 203.2 x 101.6 y canal monten de CE 203 x 17.11.

Para el izaje de los gatos hidráulicos se contó con tubo trepa de 1 ¼" x 4.50 m para gatos de 6 ton y de 1" x 4.50 m para gatos de 3 ton, estos tubos cumplían la función de las barras de apoyo. Se cuidó que los traslapes de los tubos no coincidieran con los adyacentes de forma que para el arranque 24 tubos se cortaron por mitad a una longitud de 2.25 m y los otros 24 de tenían la longitud original 4.50 m.



**Figura 4.12 Detalle de piernas y yugos para gatos de 6 ton.**



**Figura 4.13 Conformación de piernas y yugos para gatos de 6 ton.**

A continuación se muestra una síntesis de los materiales mas representativos utilizados para el sistema de izaje de los silos de cemento.

<b>Materiales</b>	<b>3 ton</b>	<b>6 ton</b>
Gatos	32	16
Piernas	64	32
Yugos	32	48
Portagatos	32	16
Barra niveladora	32	16
Tubo trepa	320	160
Bomba hidráulica	1	
Timer	1	

**Tabla 4.5 Materiales empleados para el sistema de izaje de la plataforma de trabajo y molde.**

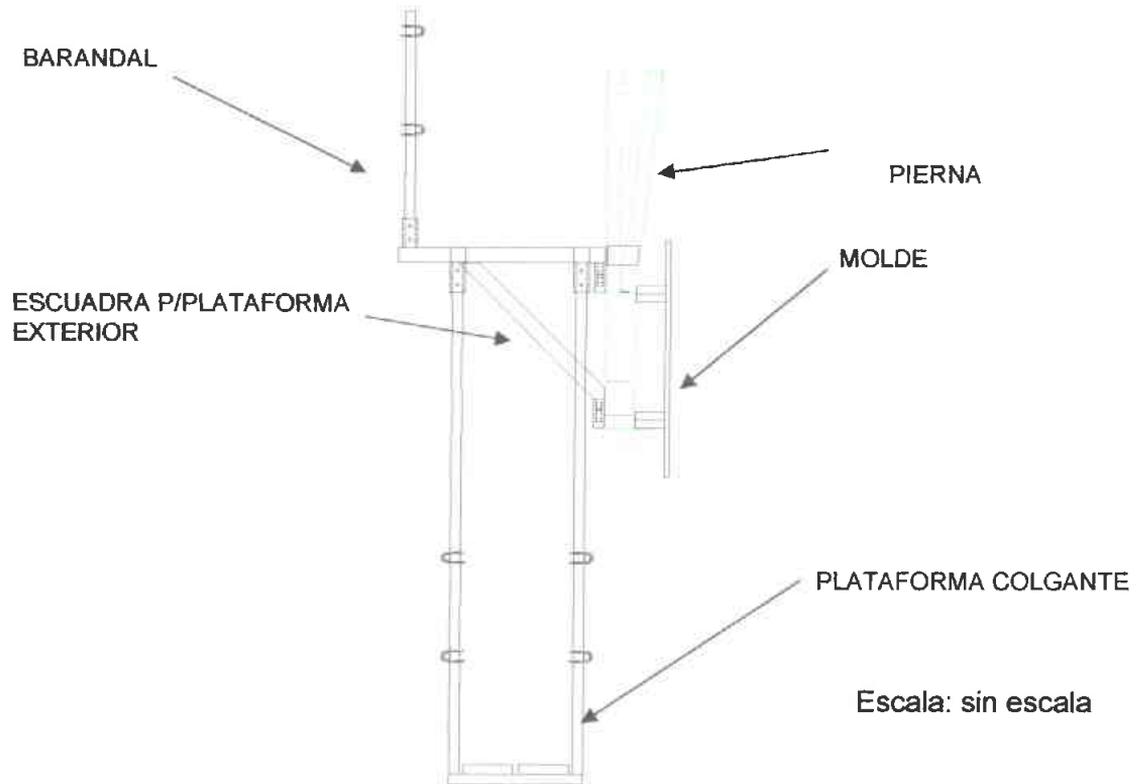
#### **4.5 Plataformas de trabajo.**

En la plataforma interior se ocuparon 142 pzas de polin de 4" x 4 x 8' los cuales se amarraron con alambre recocado a las cabrillas. Sobre los polines se colocó triplay de 2da el cual ya había tenido varios usos para el habilitado del piso de la plataforma obteniendo un gasto de 66 hojas de triplay. También se dejaron 4 escotillas para los trabajos de albañilería, 2 por cada silo.

En el caso de la plataforma interior se cambió el sistema constructivo en vez de usar barrotes para las escuadras se cambio por PTR del tipo OR 51 x 51 x 3.2. Por cada una de las piernas se soldaría una de estas escuadras en dado caso que algún punto fuera muy desfavorable es decir la distancia entre las escuadras fuera mayor al del polin se podría colocar una escuadra auxiliar de madera. Sobre estas escuadras se realizó el mismo proceso para el habilitado de piso, colocando 3 polines de 4" x 4" x 8' y sobre estos triplay de 2da. Para ello se ocuparon 124 polines para ambas plataformas y la zona central de comunicación entre ambos silos y 18 pzas de triplay.

Para la plataforma superior o de fierros se ocuparon 144 polines de 4" x 4" x 8' y tabloncillos de 2"x 10"x 8' ocupando 72 pzas.

Por ultimo se colocaron las plataformas colgantes que al igual que las escuadras fueron construidas de PTR del tipo OR 51 x 51 x 3.2, las cuales quedaron unidas a las escuadras mediante tornillos, fabricando 96 jengues incluyendo los dos silos en la zona interior y exterior. El consumo de tabloncillos de 2"x10"x8' para esta plataforma fue de 152 pzas.



**Figura 4.14 Detalle plataforma interior y colgante.**

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los materiales empleados para la construcción de las plataformas de trabajo:

Elemento	Polin de 4"x4"x8' (pza)	OR 51 x 51 x 3.2 (ton)	Triplay 19 mm (pza)	Tablón de 2"x10"x8' (pza)
Plataforma interior	142		66	
Plataforma exterior	124	0.69 8 (incluye barandal)	18	
Plataforma superior	144			72
Plataforma inferior		2.56		152

**Tabla 4.6 Materiales empleados para plataformas de trabajo.**



**Figura 4.14 Plataformas de trabajo silos de cemento.**

#### **4.6 Elementos auxiliares.**

Las plataformas de trabajo se iluminarán con 72 unidades de 100 wats y las plataformas colgantes con 50 unidades tanto exterior como interiormente. En caso de requerirse mayor cantidad de luminarias, éstas se adaptarán en campo.

En los accesos se colocaron andamios con escaleras, los cuales en la parte final del deslizado se tenían instalados 52 marcos de 1.80 de altura, 52 tijeras de 1.22m y 26 escaleras. Todas armadas a nivel de piso y colocadas con ayuda de la torre grúa.

Para el abastecimiento de materiales se instaló una torre grúa pingon a 60 m de altura con una capacidad de 20 ton.

El suministro de concreto se realizó con una bomba del tipo telescópica hasta una altura de 28 m a partir de ahí se le adaptó a la manguera de la bomba tubo tremi. Se colocaron 6 tubos tremi de 3 m más una manguera con sus respectivas abrazaderas y empaques. Además en la plataforma se contó con una tolva construida de madera con capacidad 0.50 m<sup>3</sup> esta tolva tenía la peculiaridad que estaba instalada en la zona central de la plataforma entre los dos silos y tenía una salida para cada uno de ellos.

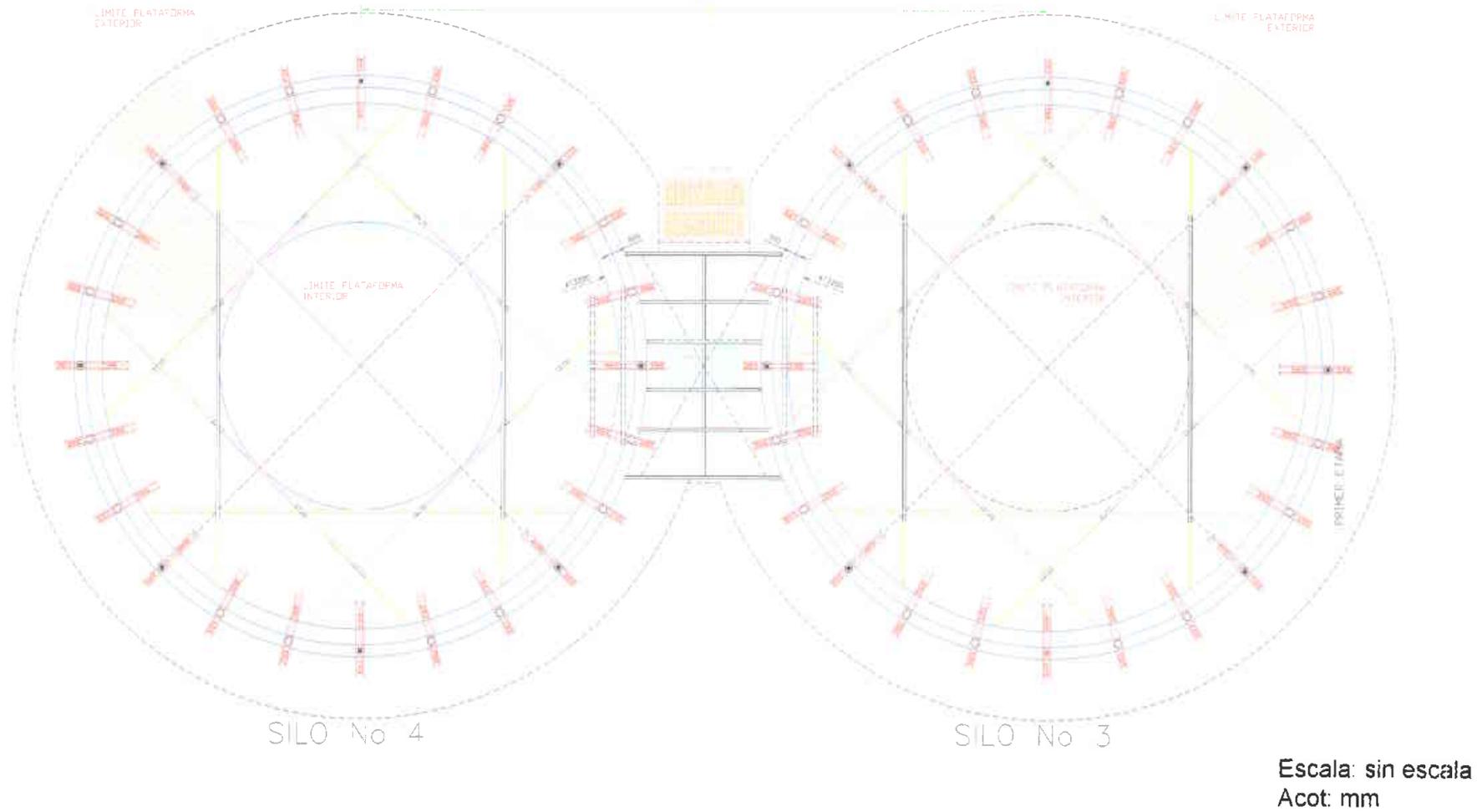
Además se instaló una torre de ángulo con la finalidad de atracar de esta la tubería correspondiente a la bomba de concreto ya que al atracarla de la torre de escalera al trabajar la bomba provoca muchos movimientos sobre la misma y con la torre de ángulo esta trabaja independiente.

El sistema de nivelación se compuso de un sistema de mangueras de nivel, plomadas, además de los sistemas de control que conlleva el uso de gatos hidráulicos.

Para garantizar la continuidad de los trabajos durante el deslizado se contó con herramienta menor como: garruchas, cable de polipropileno para subir material a los albañiles , cable de acero, tensores , tifoldes, diferenciales para el control de plomos, carretillas, vibradores, equipo de oxicorte, planta de soldar, entre otros.



**Figura 4.16 Elementos auxiliares silos de cemento.**



**Figura 4.15 Distribución de gatos, armaduras y conformación de plataformas de trabajo silos de cemento.**

#### 4.7 Personal

Para los trabajos del deslizado se contó con el siguiente personal para un solo turno:

<b>A ct i v i d a d</b>	<b>C a n t i d a d</b>
Ing. Superintendente	01
Ing. Residente	01
Sobrestante	01
Cabo herrero	01
Cabo carpintero	01
Cabo albañil	01
Soldador	02
Operador de torre grúa	01
Oficial herrero	20
Oficial carpintero	08
Oficial albañil	14
Ayudante general	26
Electricista	01
Gatero	02
Carretillero	10
Tolvero	06
Vibradorista	06
Suma:	<b>102</b>

Nota: el turno de noche contó con el mismo personal.

**Tabla 4.7 Personal por turno, deslizado de silos de cemento.**

El personal se organizó en cuadrillas para la realización de las diversas actividades dentro del deslizado teniendo la siguiente distribución:

- 2 soldadores con 1 ayudantes para la colocación de placas, trabajos de cambio de molde y colocación de atraques para escalera y torre de ángulo.
- 2 herreros con 4 ayudantes en la zona de almacenamiento de acero, para estrobar y suministrar a la plataforma de trabajo.
- 8 herreros con 4 ayudantes para colocación de acero vertical.

- 10 fierros con 5 ayudantes para la colocación de acero horizontal.
- 8 carpinteros con 4 ayudantes para la colocación de embebidos, nivelación de la plataforma, colocación de escalera, tubería de concreto y traslapes de tubo trepa
- 4 albañiles en la plataforma inferior exterior con 1 ayudante a nivel de terreno para suministro de materiales y 3 albañiles en la plataforma inferior interior con los 1 ayudantes para suministro de materiales todo para el silo 3 y el mismo personal para el silo 4.
- Un electricista para cualquier eventualidad del sistema eléctrico.
- 2 gateros para control del timer, bomba y elementos del sistema hidráulico.
- 10 carretilleros para colocación de concreto en todo el molde.
- 6 tolveros para recepción del concreto y suministro a los carretilleros.
- 6 vibradoristas para vibrado de concreto.
- 4 paleros para llenado del molde y limpieza de plataforma de trabajo.

Ingenieros, sobrestante y cabos se dedicaron a supervisar y coordinar las diversas áreas de trabajo cuidando que se cumpliera con las especificaciones marcadas en planos.

#### 4.8 Concreto.

El volumen de concreto fue de 338 m<sup>3</sup> en la primera etapa y 452 m<sup>3</sup> en la segunda etapa con una resistencia de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  el cual se colocará con el sistema de colado continuo, (este volumen solo incluye uno de los silos).

El volumen aproximado de concreto a colocarse es de 1524 m<sup>3</sup> por ambos silos (descontado huecos derivados de los diversos accesos de los silos) de resistencia  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  y se colocó de la siguiente manera en la primera etapa 74.50 m<sup>3</sup> para el llenado de ambos moldes en un tiempo de 4 hr. Posteriormente se suministró aproximadamente a razón de 12 m<sup>3</sup> por hora durante los siguientes dos días y medio. En la segunda etapa se suministraron aproximadamente 30 m<sup>3</sup> para el llenado de molde y después se estimó un suministro a razón de 5.5 m<sup>3</sup> por hora durante los siguientes 7 días. Antes de efectuar un colado deben limpiarse los elementos de transporte y el lugar donde se va a depositar el concreto.

Nota: Se utilizó concreto con las mismas características aplicadas al silo de homogeneización, además se aplicaron el mismo tipo de medición de campo para el control del fraguado.

Turno	Entrada	Salida	Volumen Concreto m <sup>3</sup>	Nivel Inicial m	Nivel final m
Día	10:00	19:00	122	4.664	6.664
Noche	19:00	7:00	144	6.664	9.164
Día	7:00	19:00	144	9.164	11.664
Noche	19:00	7:00	144	11.664	14.164
Día	7:00	19:00	96	14.164	15.733
Noche	19:00	7:00	66	15.733	18.223
Día	7:00	19:00	66	18.223	20.733
Noche	19:00	7:00	66	20.733	23.233
Día	7:00	19:00	66	23.233	25.733
Noche	19:00	7:00	66	25.733	28.233
Día	7:00	19:00	66	28.233	30.733
Noche	19:00	7:00	66	30.733	33.233
Día	7:00	19:00	66	33.233	35.733
Noche	19:00	7:00	66	35.733	38.233
Día	7:00	19:00	66	38.233	40.733
Noche	19:00	7:00	66	40.733	43.233
Día	7:00	19:00	66	43.233	45.733
Noche	19:00	7:00	66	45.733	48.233
Día	7:00	19:00	27	48.233	49.252

Nota: los niveles indicados son de acuerdo al proyecto y están referidos a bancos de nivel ubicados en la planta se cementos y concretos nacionales.

**Tabla 4.8 Avances por turno y volúmenes de concreto suministrado.**

#### 4.9 Acero de refuerzo.

Durante el deslizado de los silos de cemento se colocaron 284 ton de acero, 124 ton en la 1er etapa para el muro de 0.70 m y 160 ton en la segunda etapa para el muro de 0.30 m. El volumen de acero por diámetro fue el siguiente 3/8" = 6.80 ton, 1/2" = 14.25 ton, 5/8" = 54.5 ton, 3/4" = 97.50 ton, y de 1" = 111 ton.





MEORANO Y ASOCIADOS  
CONSTRUCCIONES  
INTERNACIONAL S.A. DE C.V.

## 2da LINEA DE PRODUCCION CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES

### DESPIECE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESTRUCTURA : SILOS DE CEMENTO

FECHA : JULIO DE 2003

ELEMENTO : ARMADURA PAREDES +5.684m.....+19.094m

PLANO : 1217843 A

PAGINA : 2

DE : 2

TIPO DE PIEZA	TIPO DE PIEZA	MARCA	LONGITUD							N° DE PIEZAS	3/8" Ø	1/2" Ø	5/8" Ø	3/4" Ø	1" Ø	1 1/4" Ø	1 1/2" Ø
			a	b	c	d	e	f	TOTAL								
TIPO I 	TIPO II 	I Tipo 55	0.18	1.20	1.20					26		0.067					
		III Tipo 56	2.95							26				0.173			
		III Tipo 57	5.75							26				0.336			
		III Tipo 58	6.00							72						1.717	
		II Tipo 59	0.80	1.75	1.75					12		0.049					
		II Tipo 60	3.20							4					0.029		
TIPO III 	TIPO IV 	I Tipo 62	6.00							440				5.940			
		I Tipo 65	0.57	0.50	0.50					180	0.157						
		III Tipo 66	3.80							108				0.875			
		III Tipo 67	6.00							528					12.583		
TIPO V 	TIPO VI 																
TIPO VII 	TIPO VIII 																
TIPO IX 	TIPO X 																
											3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
											0.157	0.116	0.000	13.563	14.310	0.000	0.000

**PESO TOTAL 28.146 TONS.**

Tabla 4.10 Formato de despiece silos de cemento muro de 0.70 m de espesor.



El arreglo del acero correspondiente al muro de 0.70 m en sentido vertical se inicio a partir del nivel + 4.664 m con varilla de  $\phi = \frac{3}{4}$ " a cada 0.20 m teniendo una pieza de 4.9 m y 6.40 m para cuidar no repetir los traslapes tanto en la zona interior como exterior. En la zona interior se traslaparon para la pieza de 4.90 m una pieza de 7.50 m y para la pieza de 6.40 m una pieza de 6.0 m. En la zona exterior el traslape se realizó con piezas de 6.0 m tanto para la de 4.90 m como la de 6.40 m hasta el nivel + 17.364 m donde para un juego se coloco una pieza de 6.0 m y para el otro una de 4.40 m y de hay se recibirían los traslapes correspondientes al muro de 0.30 m. En la zona interior con las últimas piezas descritas se colocaron las grapas para el cerramiento del muro correspondiente al cambio de sección las cuales eran piezas de  $\phi = \frac{3}{4}$ " además se colocaron las varillas de inicio para el muro de 0.30 m de espesor las cuales tenían una longitud de 6.0 m y 7.80 m de  $\phi = \frac{3}{4}$ ".

En el sentido horizontal se inició con varilla de  $\phi = \frac{5}{8}$ " de 12 m de longitud aunque en el plano se especifico de 6.0 m esto con el fin de disminuir el desperdicio y tener mejor comportamiento de los elementos a una separación de 0.20 m desde el nivel + 4.664 m al + 10.464 m tanto en la zona interior como exterior. Del nivel + 10.464 al + 14.414 m se coloco varilla de  $\phi = \frac{3}{4}$ " de 12 m con una separación de 0.15 m. en la zona interior del nivel + 14.414 m al + 15.583 m se coloco varilla de  $\phi = 1$ " a cada 0.15 m ya que seria la base para la trabe anular. En la zona exterior desde el nivel + 14.414 m al + 20.334 m se coloca varilla de  $\phi = 1$ " a cada 0.10 m. Del nivel + 15.583 m al + 20.334 m se colocó varilla de  $\phi = \frac{3}{4}$ " a cada 0.10 m en la zona interior.

A partir del nivel + 20.334 m que es la finalización de lo que sería la trabe anular el acero vertical del muro de 0.30 m se concentro en varilla de 6.0 m de longitud y  $\frac{5}{8}$ " a cada 0.21 m en el exterior e interior continuando hasta el nivel + 45.233 m donde se colocó en uno de los traslapes varilla de 4.0 m y  $\phi = \frac{1}{2}$ " ,en el otro traslape se continuo con varilla de 6.0 m pero de  $\phi = \frac{1}{2}$ " tanto en el interior como exterior. Al finalizar se colocaron grapas de  $\phi = \frac{1}{2}$ " a cada 0.21 m para el cerramiento del muro. Así mismo tanto en el muro de 0.70 m como en el de 0.30 m se colocaron grapas de  $\phi = \frac{3}{8}$ " de diámetro 4pzas/m<sup>2</sup> para mayor rigidez del muro.

El caso del acero horizontal en la zona interior del nivel + 20.334 m al + 31.214 m se colocó varilla de 12 m de longitud de  $\phi = \frac{3}{4}$ " a cada 0.16 m en la zona exterior del nivel +20.334 m al + 39.534 m se colocó varilla de 12 m de longitud y  $\phi = 1$ " a cada 0.16 m. En la zona interior del nivel + 31.214 m al + 42.254 m se cambia el diámetro de la varilla a  $\frac{5}{8}$ " con la misma separación a cada 0.16 m. En la zona exterior del nivel + 39.534 m al +44.814 m se cambia el diámetro a  $\frac{3}{4}$ " continuando la separación de 0.16 m. en la zona interior para finalizar del nivel + 42.254 m al + 49.134 m se vuelve a cambiar el diámetro ahora por varilla de  $\frac{1}{2}$ " a cada 0.16 m. En la zona exterior del nivel 44.814 al 47.534 se coloca varilla de 12 m de longitud y  $\phi = \frac{1}{2}$ " de diámetro y del + 47.534 m al + 49.134 m se realizó el ultimo bloque con varilla de  $\phi = \frac{1}{2}$ " de 12 m de longitud a cada 0.16 m.

También se colocaron refuerzos especiales para los casos en que estuvieran inmiscuidos huecos, placas y en la zona de apoyo de la trabe anular.

Al igual que en el Silo de homogeneización se opto para el cuidado del recubrimiento la colocación de tubos de 0.20 m y de 5 cm de diámetro a cada metro tanto en el molde exterior como el interior.

En los anexos se muestran los planos correspondientes a la distribución del acero.

#### 4.10 Embebidos.

En el caso de los Silos de Cemento fue de gran relevancia el cuidado de la colocación de embebidos ya que el silo 4 tenía una menor cantidad de embebidos con relación al silo 3. En general los huecos serian los mismos lo que cambiaba era la cantidad de placas ya que la estructura metálica en que se colocaría sería mayor en el silo 3 debido a elevadores y escaleras que estarían soportados de este. Por ello fue importante realizar un debido estudio de los planos antes del inicio de los trabajos.

#### Silo de Cemento 3

CONCEPTO	NIVEL INFERIOR m	NIVEL SUPERIOR m	ELEMENTOS
Inicio de deslizado	4.664		
Inicia puerta de 4.60 m x 5.92 m de alto	4.664	10.584	2
Colocación de puerta de 1.00 x 2.15 m de alto	5.934	8.084	1
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	8.394	8.714	3
Colocación de hueco redondo de 0.90 m	9.534	10.434	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	9.744	10.344	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	9.906	10.506	1
Colocación de hueco para trabe de 0.70 m x 1.40 m ( interior de silo )	10.484	11.884	4
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	10.584	11.184	1
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	10.604	10.924	3
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	10.76	11.36	1
Colocación de hueco para trabe de 0.60 m x 1.00 m de alto ( interior de silo )	10.884	11.884	5
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	11.33	11.63	2
Preparación para losa ( huecos )	11.384	11.784	5
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	11.471	12.071	1
Colocación de puerta de 1.00 x 2.15 m de alto	11.684	13.834	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	11.786	12.386	1
Colocación de hueco redondo de 0.60 m.	12.404	13.004	1

Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	12.699	13.299	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	12.73	13.03	1
Colocación de placa de 0.20 x 0.60 x 3/4"	13.65	13.85	2
Colocación de placa de 0.25 x 0.40 x 3/4"	13.734	14.134	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	14.063	14.363	1
Colocación de placa de 0.40 x 0.40 x 5/8" ( interior )	15.333	15.733	2
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	15.574	15.894	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	15.594	15.894	2
Termina muro de 0.70 m e inicia muro de 0.30 m.	15.733		
Colocación de puerta de 2.58 x 2.40 m de alto	16.295	18.695	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	19.98	20.28	2
Colocación de hueco de 0.80 x 1.00 m de alto	20.834	21.834	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	21.583	21.883	1
Colocación de placa de 0.20 x 0.60 x 3/4"	22.7	22.9	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	23.119	23.419	1
Colocación de placa de 0.25 x 0.40 x 3/4"	24.984	25.384	2
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	26.824	27.144	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	26.844	27.144	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	30.813	31.113	1
Colocación de placa de 0.20 x 0.60 x 3/4"	31.75	31.95	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	32.351	32.651	1
Colocación de placa de 0.25 x 0.40 x 3/4"	35.734	36.134	2
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	37.574	37.894	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	37.594	37.894	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	40.012	40.312	1
Colocación de placa de 0.20 x 0.60 x 3/4"	40.8	41	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	41.548	41.848	1
Colocación de placa de 0.25 x 0.40 x 3/4"	46.484	46.884	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	47.63	47.93	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	47.691	47.991	1
Colocación de placa de 0.32 x 0.32 x 1 1/4"	48.324	48.644	2

Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	48.344	48.644	2
Colocación de hueco para viga tipo 1	48.366	49.252	1
Colocación de hueco para viga tipo 2	48.366	49.252	2
Colocación de hueco para viga tipo 5	48.366	49.252	1
Colocación de hueco para viga tipo 6	48.366	49.252	2
Colocación de placa de 0.40 x 0.40 x 1 1/4"	48.852	49.252	2
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	48.883	49.183	1
Colocación de hueco para viga tipo 3	48.94	49.252	4
Colocación de hueco para viga tipo 4	48.94	49.252	4
Colocación de placa de 0.20 x 0.60 x 3/4"	49.03	49.23	2
Termina deslizado de silo de cemento no. 3		49.252	

**Tabla 4.12 Relación de embebidos Silo de cemento N° 3.**

**Silo de Cemento 4**

CONCEPTO	NIVEL INFERIOR	NIVEL SUPERIOR	ELEMENTOS
Inicio de deslizado.	4.664		
Inicia puerta de 4.60 m x 5.92 m	4.664	10.584	2
Colocación de puerta de 1.00 x 2.15 m de alto	5.934	8.084	1
Colocación de hueco redondo de 0.90 m	9.534	10.434	1
Hueco para trabe de 0.70 m x 1.40 m.	10.484	11.884	4
Hueco para trabe de 0.60 m x 1.00 m.	10.884	11.884	5
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	11.241	11.841	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	11.33	11.63	2
preparacion para losa ( huecos en interior)	11.384	11.784	5
Colocación de hueco de 1.00 x 2.15 m de alto	11.684	13.834	1
Colocación de hueco redondo de 0.60 m.	12.404	13.004	1
Colocación de hueco de 0.6 m x 1.00 m de alto	12.884	13.884	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	12.997	13.597	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	14.035	14.635	1
Colocación de placa de 0.60 x 0.60 x 3/4"	14.597	15.197	1

Colocación de placa de 0.40 x 0.40 x 5/8" (interior)	15.333	15.733	2
termina muro de 0.70 m e inicia muro de 0.30 m.	15.733		
Colocación de puerta de 2.58 x 2.40 m de alto	16.295	18.695	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	19.98	20.28	2
Colocación de hueco de 0.80 x 1.00 m de alto	20.834	21.834	1
Colocación de placa de 0.30 x 0.30 x 3/4"	47.63	47.93	2
Termina deslizado de silo de cemento no. 4		49.252	

**Tabla 4.13 Relación de embebidos Silo de cemento N° 4.**

Dentro de los embebidos utilizados para diversos trabajos y no marcados en planos en este caso se utilizaron tanto para el atraque de la torre de escalera como para el de la torre de ángulo. Para lo cual se utilizaron 52 placas de 0.20 m x 0.20 m x ¼".

#### 4.11 Cambio de sección.

Para los Silos de Cemento se marcaba un cambio de sección de muro de 0.70 m a 0.30 m al nivel 15.733 m, este cambio de sección se realizó bajo las mismas premisas utilizadas en el Silo de homogeneización.

Se construyeron 72 tarimas de 1.22 m x 1.10 m los materiales empleados fueron tablón de 2" x 12" x 8', duela de 1" x 4" x 8' y hojas de triplay de ¾". Por lo tanto el radio de corte de las cerchas fue de 6.955 m. A continuación se muestra una tabla con un resumen de los materiales empleados para la fabricación del molde en el cambio de sección.

	N° de tarimas pza	Hojas de triplay de 6mm (pza)	Duelas de 1"x4"x8' (pza)	Tablón de 2"x12"x8' (pza)	Lamina galvanizada cal 26 de 4'x10' (pza)
Molde interior cambio de sección	72	36	396	36	2

**Tabla 4.14 Materiales empleados para fabricación del molde de cambio de sección.**

Para realizar la actividad del cambio de sección tuvieron que trabajar los carpinteros de ambos turnos en sincronía para obtener un mayor rendimiento ya que si se dejaba el molde parado por mucho tiempo este se podía pegar y dificultaría el reinicio del deslizado hasta el punto de no poder avanzar.

# CAPÍTULO 5

## SILO DE CLINKER



## 5.1 Antecedentes.

Cuando el clinker a finalizado su procesamiento es recogido por sistemas de transporte y llevado a naves a cubierto para evitar su posible meteorización. En el caso de la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA) el edificio destinado para almacenamiento del clinker fue un silo de 45 m de diámetro interior el cual además de tener la función de almacén del clinker servía como transporte del mismo hacia las tolvas y molinos de cemento.

Para llegar a la ejecución del deslizado del silo de clinker más que en otros edificios se debieron desarrollar diversos procesos constructivos ya que por ejemplo para el silo de homogeneización y silos de cemento el deslizado solo se dependía de la construcción de la cimentación y los demás elementos que los constituían estaban ligados a la finalización del deslizado.

En el silo de clinker primero se realizó una excavación de alrededor de 24,000 m<sup>3</sup> la cual incluía el túnel, cono, cimentación y del edificio contiguo el silo de incosido. Finalizada la excavación se trabajo en rellenos para inicio de los trabajos del túnel; para poder continuar los trabajos se debió avanzar en el túnel en un 75% ya que solo al finalizar este se podían iniciar los rellenos del cono. El cono se construiría en 4 etapas y simultaneo a la finalización del túnel. Llegando a la segunda etapa del cono se podían realizar los trabajos correspondientes a la cimentación del silo de clinker y silo de incosido. Terminada la cimentación la cual estaba constituida por una zapata circular se podían iniciar los trabajos relativos a la colocación del molde.

Todos los trabajos debieron llevar una secuencia lineal sin poder ejecutar actividades simultaneas por ello el deslizado de este edificio tuvo que ser una de las ultimas etapas para la conformación del edificio. El inicio de los trabajos fue en Enero de 2003 y ya la instalación del molde inicio en a finales del mes de Julio de 2003.

En la sig. tabla se presentan los volúmenes correspondientes a las actividades previas al los trabajos del deslizado.

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
1. Excavación.	24145	m <sup>3</sup>
2. Relleno con material mejorado a nivel de zapata.	21255	m <sup>3</sup>
3. Plantilla en túnel.	34	m <sup>3</sup>
4. Acero en túnel.	129	ton
5. Cimbra en túnel.	1010	m <sup>2</sup>
6. Concreto en túnel.	983	m <sup>3</sup>
7. Concreto en cono 1er etapa.	20	m <sup>3</sup>
8. Concreto en cono 2da etapa.	38	m <sup>3</sup>
9. Plantilla en zapata de cimentación.	48	m <sup>3</sup>

10. Acero en zapata de cimentación	114	ton
11. Cimbra en zapata de cimentación.	567	m <sup>2</sup>
12. Concreto en zapata de cimentación.	861	m <sup>3</sup>

**Tabla 5.1 Volúmenes de obra previos al montaje del sistema de cimbra deslizante, silo de clinker .**

A continuación se mostraran diversas imágenes con varios de los procesos contractivos previos al deslizado, mencionados en la tabla 5.1.



**Figura 5.1 Excavación para túnel del silo de clinker.**



**Figura 5.2 Armado y cimbra en túnel del silo de clinker.**



**Figura 5.3 Cono y relleno a nivel de zapata del silo de clinker.**



**Figura 5.4 Zapata de cimentación del silo de clinker.**

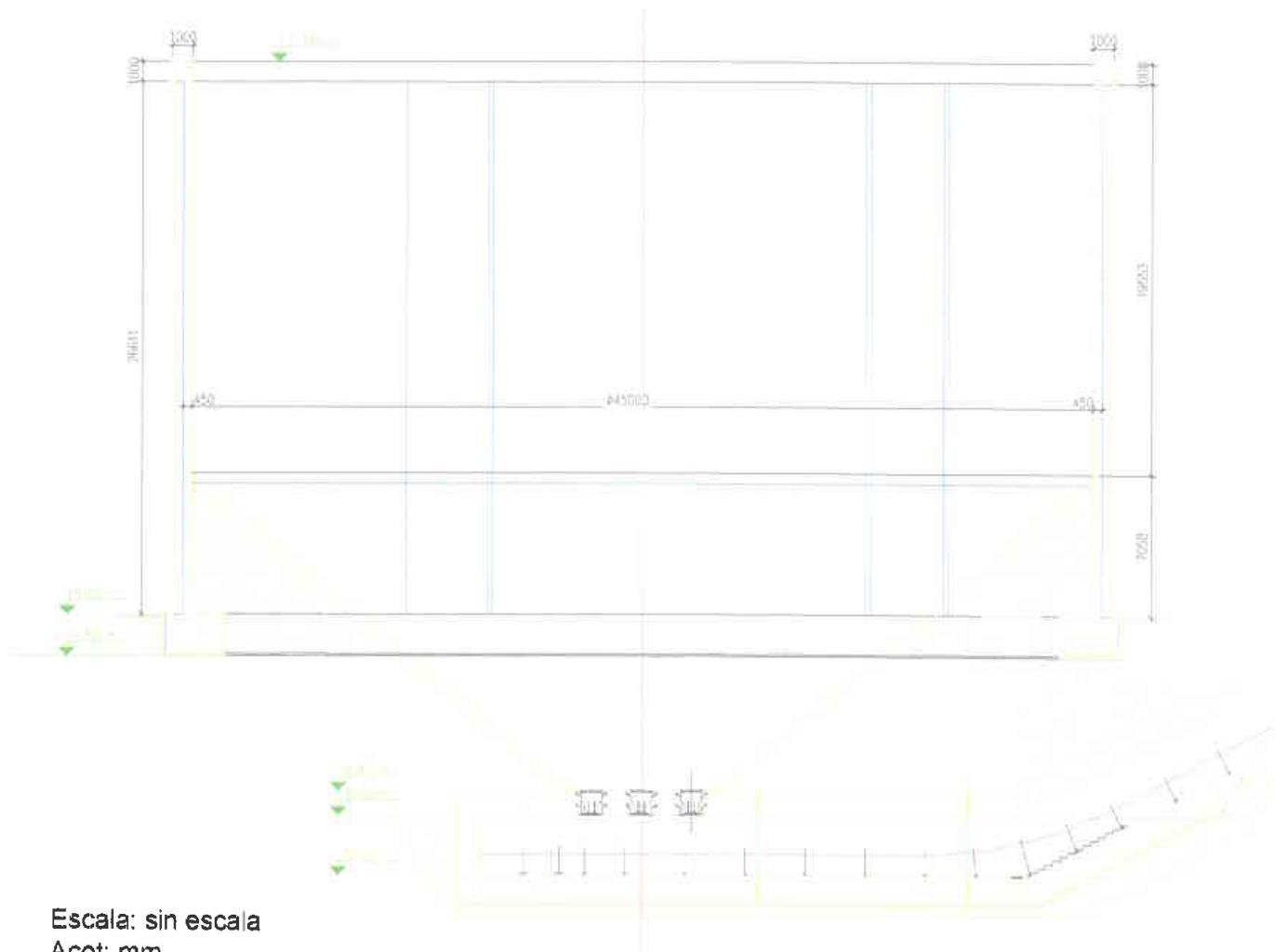


Figura 5.5 Edificio del silo de clinker.

El túnel, y la zapata de cimentación se construyeron con concreto  $f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$  y el cono con concreto  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ . El muro del silo de clinker tenía un espesor de 0.45 m y sería de concreto armado el cual sería sometido a un postensado al finalizar el deslizado. En la zona superior de silo se construiría una trabe para la recepción de la estructura metálica correspondiente a la techumbre.

Por la complejidad de la instalación de la estructura de soporte de la techumbre debido a la altura se ideó que el deslizado de los muros se realizará en conjunto con el izaje de esta estructura hasta dejarla en su nivel de colocación. De aquí se pensó en que la plataforma de trabajo se izara con un sistema neumático y la estructura con un sistema hidráulico proceso que debía pasar por diversas etapas para llegar a su consecución se realizaría en varias etapas como se describirá en los puntos subsecuentes de este capítulo.

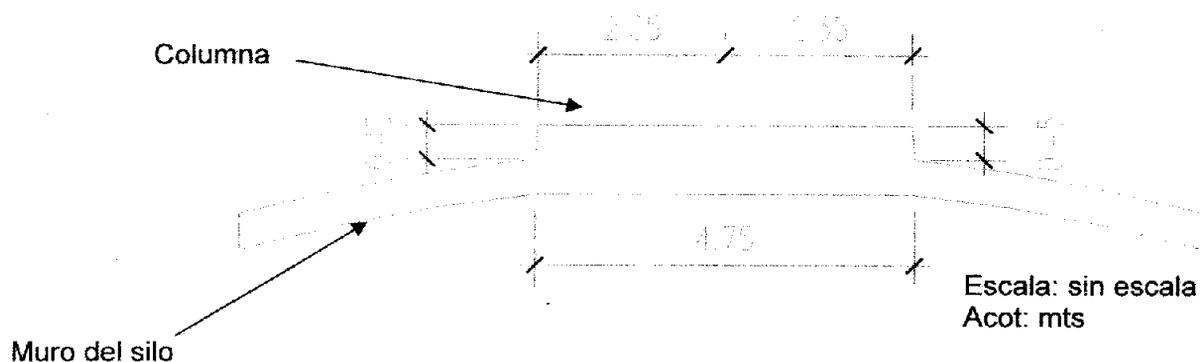
## 5.2 Molde.

Los datos preliminares para la construcción del molde a continuación se presentan:

	Nivel de inicio m	Nivel de terminación m	Diámetro interior m	Diámetro exterior m	Espesor de muro m	Altura m
1er etapa	+8.000	+34.308	45.00	45.90	0.45	26.308

**Tabla 5.2 Datos preliminares para construcción del molde.**

El deslizado del Silo de Clinker se realizaría en una sola etapa de acuerdo a las premisas marcadas en el capítulo 2 y solo se realizarían ajustes en algunos paneles del molde para la zona en que estarían ubicadas las seis columnas donde se incrustaría el cable y colocarían los gatos para el postensado del muro del silo.



**Figura 5.6 Detalle en planta de columna en muro del Silo de Clinker.**

Los materiales empleados para la construcción de las tarimas del molde fueron triplay de 3/4", duela de 2"x 4"x 8' y tablón de 2"x 12"x 8'. Por lo tanto los radios de corte para las cerchas fueron de 22.455 m en el interior y 23.00 m en el exterior.

Por lo tanto en la zona interior se construyeron 120 tarimas y en el exterior también se construyeron 120 tarimas además de 12 detalles de 0.45 m de ancho en la zona de la columna. El único aspecto que cambio en la construcción de las tarimas en la zona de columnas con respecto a la del muro es que los paneles fueron totalmente rectos ya que la configuración de esta zona así lo pedía y los cortes del tablón solo se hicieron por mitad.

A continuación se muestra un resumen de materiales empleados para la fabricación del molde incluyendo el embreizado:

	Nº de tarimas pza	Hojas de triplay de 6mm (pza)	Duela 1"x4"x8' (pza)	Tablón 2"x12"x8' (pza)	Barrote 2"x4"x8' (pza)	Tornillos de 3/8" x 5"	Lamina galvanizada cal 26 de 4'x10' (pza)
Molde interior	120	60	660	120	60	960	3
Molde exterior	120	66	726	126	66	984	4

**Tabla 5.3 Materiales empleados para fabricación de molde.**

### 5.3 Sistema de rigidización.

En el Silo de clinker para la fabricación de las armaduras se opto por el uso de PTR del tipo OR 64 x 64 x 64 x 4.8 y OR 51 x 51 x 4.0. Debido a la gran extensión del silo en este caso las armaduras no se dispusieron en dos cuadros principales si no en secciones que unidas entre si ligarían todo el sistema.

Además para evitar deformaciones se dispuso un plato central a base de placa de 12.7 mm ( 1/2") del cual saldrían hacia diversos puntos de las armaduras 22 tensores a base de varilla lisa de 12.7mm ( 1/2"). Actividad que se realizaría antes de iniciar el deslizado ya que esta interferiría con los trabajos de colocación se la techumbre como se vera en el subtema 5.5.

Como puntos de unión entre las cabrillas se colocó PTR del tipo OR 51x 51x 4.0 y el cual solo se adiciono en la cuerda superior de las armaduras.

A continuación se muestra una tabla con los volúmenes de materiales utilizados para la fabricación del sistema de rigidización en el silo de clinker:

Armadura	N° de piezas	OR 64 x 64 x 4.8	OR 51 x 51 x 4
		(ton)	(ton)
AR-1	6	1.443	1.097
AR-2	6	1.630	1.218
AR-3	6	1.033	0.773
AR-4	12	0.479	0.326
AR-5	6	0.884	0.616
AR-6	24		1.125
AR-7	24		1.031
AR-8	12		0.526
AR-9	12		0.501
CV-1			0.222
<b>TOTAL</b>		<b>5.469</b>	<b>7.435</b>

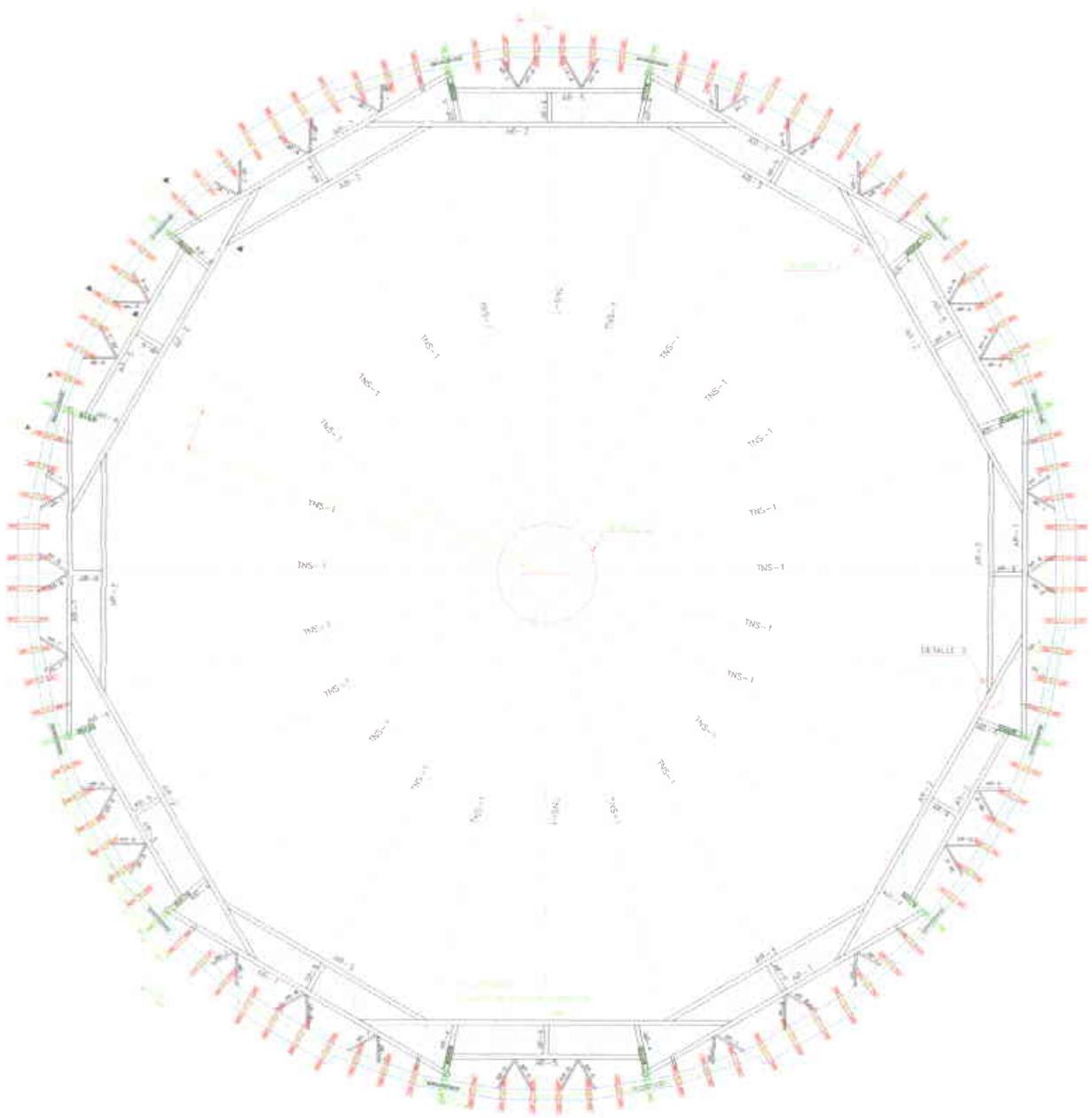
**Tabla 5.4 Materiales empleados para fabricación de sistema de rigidización.**

En cuanto la placa central su peso era de 1.10 ton y por los 22 tensores de ½" que tendrían una longitud promedio de 18.25 su peso fue de 0.400 ton.

#### **5.4 Sistema de izaje de plataforma de trabajo y molde.**

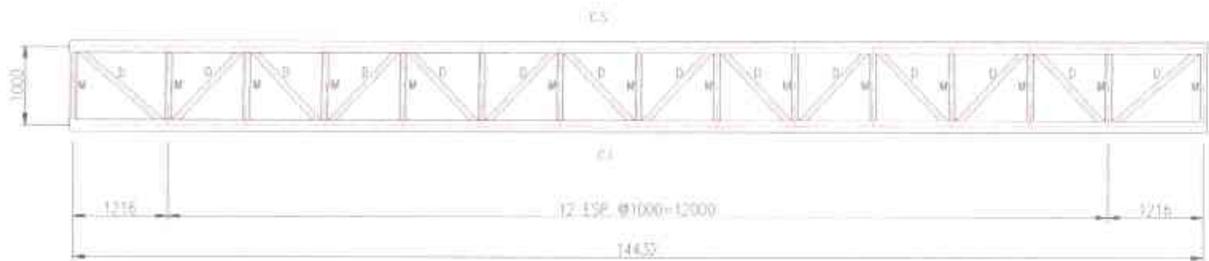
El sistema de izaje utilizado en el silo de clinker fue el neumático. Para el cual fueron instalados 120 gatos de 3 ton de capacidad, 96 de estos gatos trabajarían independientes y los 24 restantes se colocarían en parejas ligados a una pierna para tener la función de gatos de 6 ton, todos conectados en un solo circuito hacia un compresor.

En el caso de los gatos neumáticos por cada gato se colocan dos yugos, uno inferior y otro superior, por lo tanto para los 96 gatos independientes se colocaron 192 piernas y 192 yugos (incluye inferiores y superiores). Los gatos que trabajarían para obtener la capacidad de 6 ton se utilizaron piernas similares a las utilizadas en los silos de cemento en el caso de gatos hidráulicos de 6 ton, salvo que a estas se les tenían que realizar adecuaciones para alojar a los dos gatos neumáticos de 3 ton; se utilizaron para este efecto 12 juegos de piernas y 12 juegos de yugos.



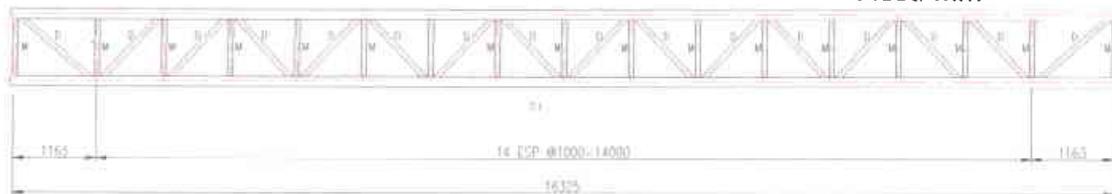
Escala: sin escala  
 Acot: mm

**Figura 5.7 Planta de armaauras y arreglo de gatos en silo de clinker.**



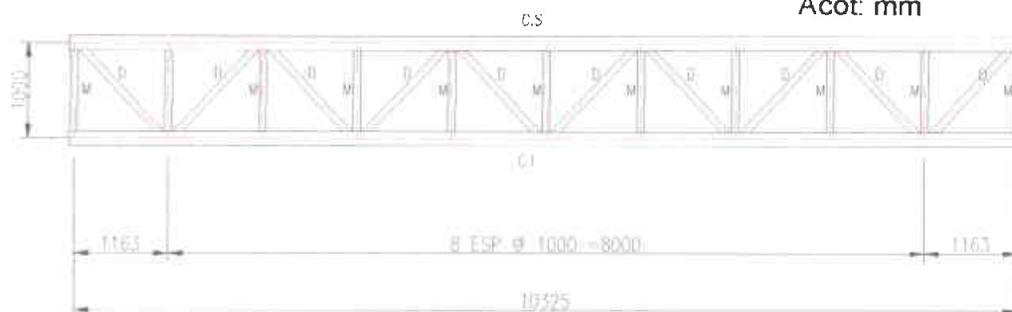
**Figura 5.8 Detalle armadura AR-1.**

Escala: sin escala  
Acot: mm



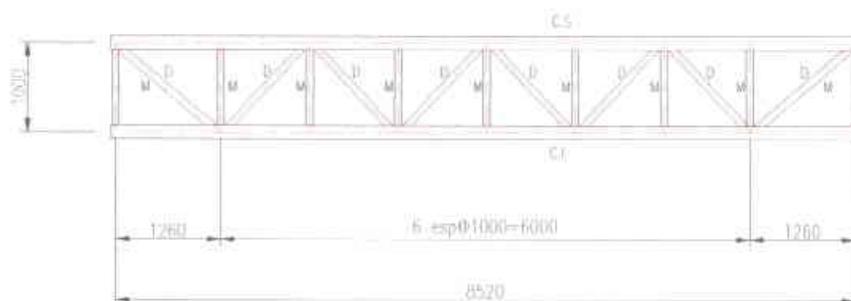
**Figura 5.9 Detalle armadura AR-2.**

Escala: sin escala  
Acot: mm



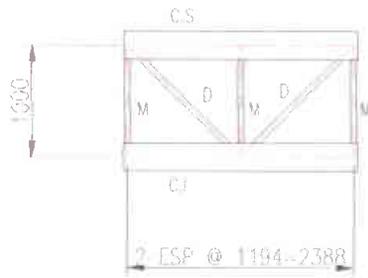
**Figura 5.10 Detalle armadura AR-3.**

Escala: sin escala  
Acot: mm

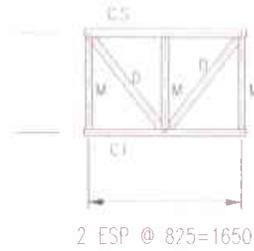


**Figura 5.11 Detalle armadura AR-5.**

Escala: sin escala  
Acot: mm

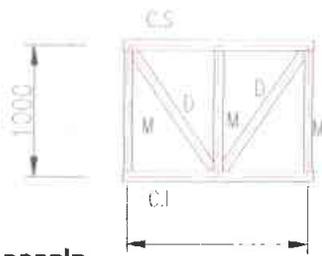


Armadura AR-4



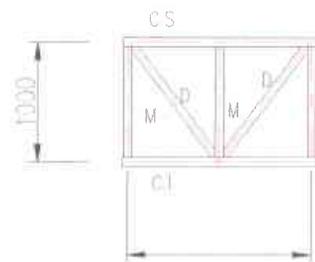
Armadura AR-6

**Figura 5.12 Detalle armadura AR-4 y AR-6.**



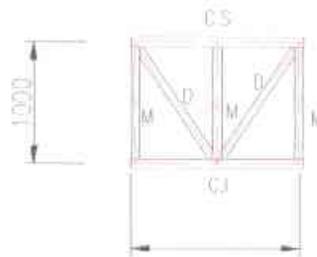
Escala: sin escala  
Acot: mm

2 ESP @ 743=1485  
Armadura AR-7



2 ESP @ 785=1570  
Armadura AR-8

**Figura 5.13 Detalle armadura AR-7 y AR-8.**



Escala: sin escala  
Acot: mm

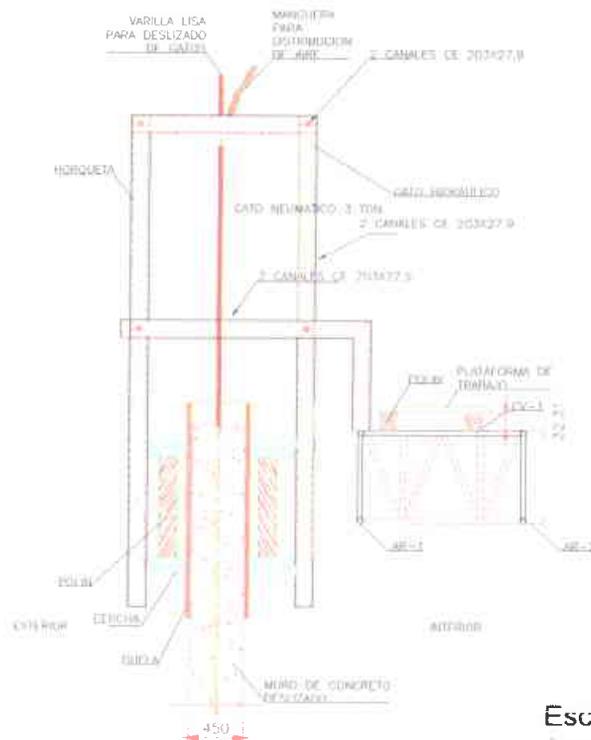
2 ESP @ 713=1425

Armadura AR-9

**Figura 5.14 Detalle armadura AR-9.**

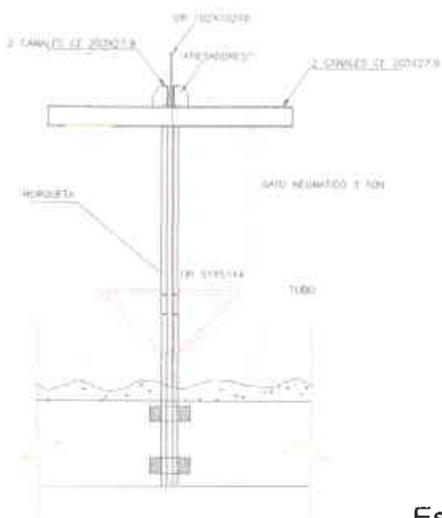
En el caso del sistema neumático las barras de apoyo son varillas lisas de 1" de diámetro por 6 m de longitud las cuales en sus extremos están roscadas para que se pueda introducir un birlo y traslaparlas. Se utilizaron 540 pzas de varilla lisa para todos los trabajos del deslizado.

A continuación se presentan los detalles para la conformación de las piernas de los gatos neumáticos de 6 ton



Escala. sin escala  
Acot. mm

**Figura 5.15 Detalle piernas para gato neumático de 6 ton vista lateral.**



Escala: sin escala

**Figura 5.1 Detalle piernas para gato neumático de 6 ton vista frontal.**

A continuación se muestra una síntesis de los materiales más representativos utilizados para el sistema de izaje de los silos de cemento.

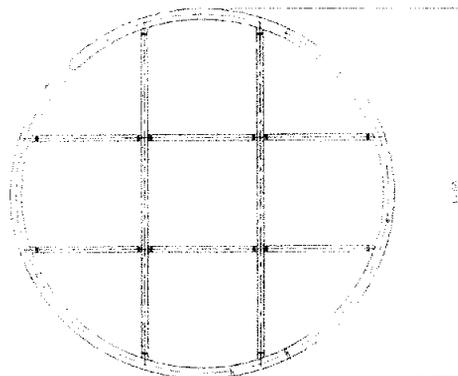
<b>Materiales</b>	<b>3 ton</b>
Gatos	120
Piernas	240
Yugos	240
Varilla lisa de 1" x 6 m	540

**Tabla 5.5 Materiales empleados para el sistema de izaje de la plataforma de trabajo y molde.**

### 5.5 Sistema de izaje de techumbre.

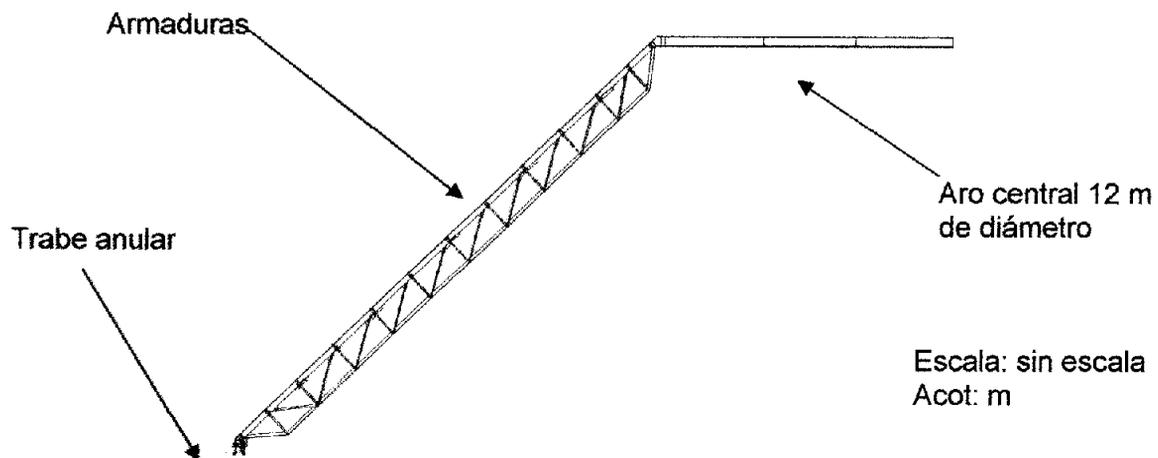
Como se mencionó en el subtema 5.1 para el deslizado en Silo de Clinker se ideó que no solo se deslizaran sus muros sino que en conjunto se deslizaran estos con la estructura de soporte de la techumbre. Los motivos principales que orillaron a tomar esta decisión fueron la complejidad que resultaría colocar la estructura de soporte de la techumbre cuando los muros del silo tuvieran su altura final ya que por sus dimensiones y peso se tendría que armar una gran cantidad de obra falsa, se utilizarían grúas de gran capacidad, un considerable número de personal en un período de tiempo largo lo cual redundaría en un gran desembolso económico que si se deslizará se podría economizar.

Para poder conocer como se elaboró el procedimiento para deslizar la estructura de soporte de la techumbre debemos conocer como estaba diseñada esta estructura. La estructura de soporte estaba compuesta por un aro central de 12 m de diámetro y rigidizada por dos vigas en ambos sentidos. El aro estaba a una altura promedio de 16.70 m con respecto al nivel de terminado de la trabe anular. A su vez de este aro se desprendían 20 armaduras que servirían de unión entre el aro y la trabe anular del silo. Además entre las propias armaduras existían postes para una mayor rigidez de todo el elemento.



Escala: sin escala  
Acot: mm

**Figura 5.17 Detalle aro central de la techumbre del silo de clinker.**



**Figura 5.18 Detalle armaduras de conexión entre trabe anular y aro central de techumbre del silo de clínker.**

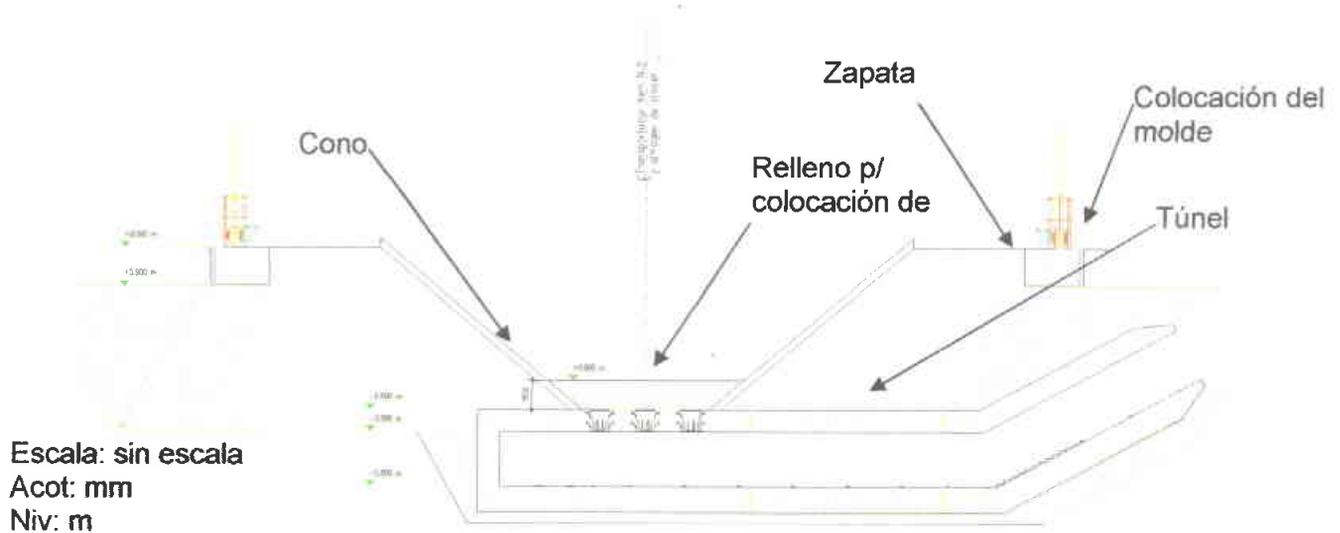
De las 20 armaduras marcadas en el proyecto para el soporte de la techumbre solo en el deslizado del silo de clínker se instalaron 12 las otras se colocarían al finalizar los trabajos tanto del deslizado como la posterior construcción de la trabe anular.

En si los trabajos a groso modo fueron de la siguiente forma colocación del aro central por medio de obra falsa, colocación de armaduras y por último el deslizado de acuerdo a la siguiente secuencia.

#### **1er etapa.**

El aro central se colocó a una altura de 17.904 m con respecto al nivel superior de los paneles del molde es decir con respecto al nivel de la plataforma de trabajo exterior e interior, esta altura consideraba la instalación de las armaduras que era 16.675 m y la altura que tendría la trabe anular. Tomando en consideración los niveles marcados de proyecto el aro debería quedar instalado al nivel + 25.904 m ya que la zapata, punto de partida para la instalación del molde tenía el nivel + 8.000 m el molde quedo instalado al nivel + 9.200 m por lo tanto  $9.200 \text{ m} + 17.904 \text{ m}$  nos da el nivel de instalación del aro que es el + 27.104 m.

Para colocar este aro se instalarían 12 torres a base de andamio tipo unispan las cuales tendrían la función de cargar al aro central en los 12 puntos de intersección del mismo con las vigas de rigidización. Estas torres se desplantarían desde el nivel de inicio del cono o nivel de terminación del túnel -0.800 m, pero como en esta zona no se tenía el espacio adecuada para la colocación de las 12 torres se pensó en colocar un relleno provisional de 1.60 m de espesor a base de tepetate para llegar al nivel + 0.800 en el cual ya se podían colocar las 12 torres.

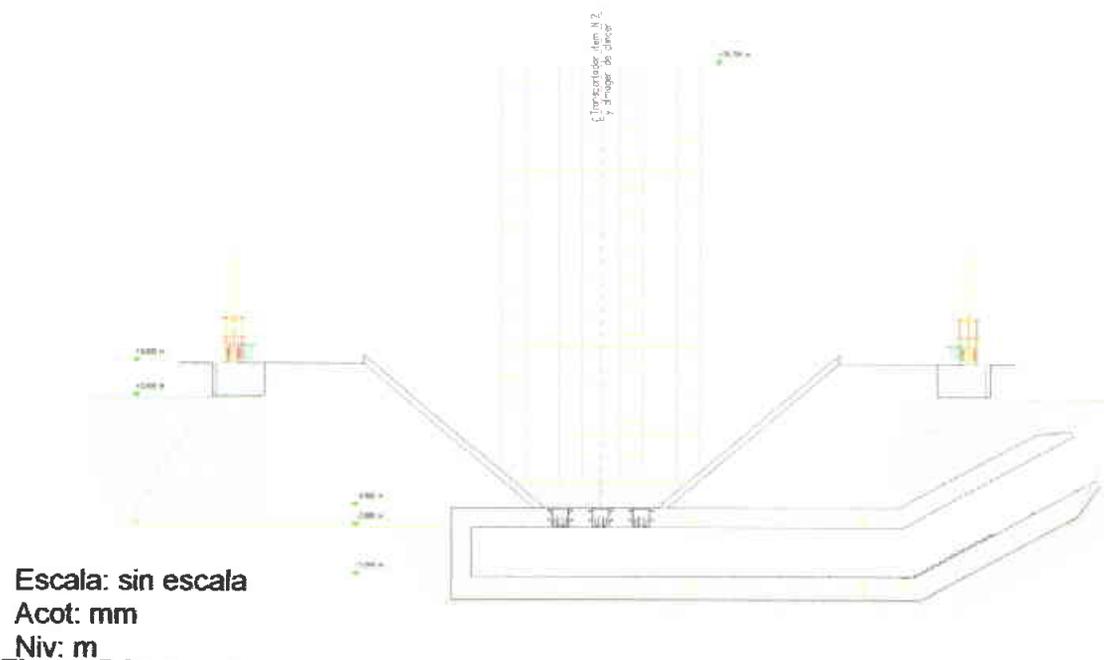


**Figura 5.19 Detalle relleno p/colocación de obra falsa silo de clinker.**

**2da etapa.**

Contando con el relleno se iniciaron los trabajos de instalación de las torres del tipo unispan que tendrían 1.50 m x 1.0 m con una altura de 25.804 m. sobre las torres se colocarían vigas tipo I de 0.10 m de espesor para la recepción de el aro.

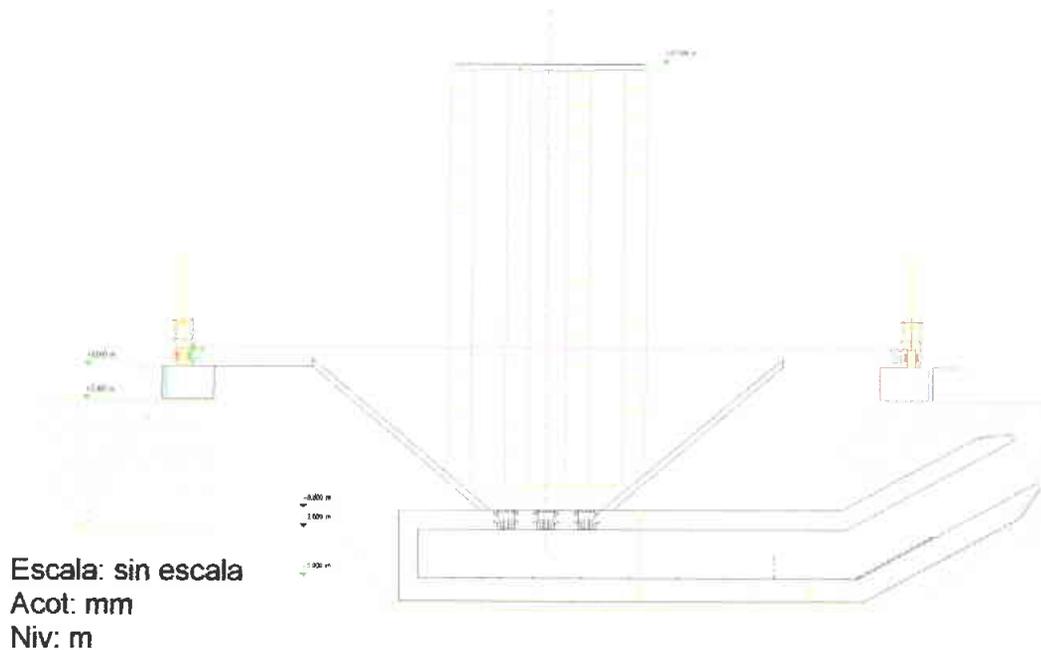
Cabe mencionar que aun contando con el relleno para la colocación de las torres en varias de estas 1 o 2 de sus patas caían sobre la pendiente del cono para lo cual se habilitaron bases de placa 1/2".



**Figura 5.20 Detalle colocación de obra falsa para recepción de aro en silo de clinker.**

### 3er etapa.

Con la obra falsa armada y con el aro central terminado en obra se iniciaron los trabajos de montaje del mismo, operación realizada por una grúa de 60 ton y otra de 80 ton. En si las grúas utilizadas tenían una capacidad mucho mayor con respecto al peso que iban a cargar pero se busco que el largo de su brazo fuera el adecuado para realizar la operación desde afuera del silo de clinker y pudieran llegar a la nivel de terminado de la obra falsa.



*Figura 5.21 Detalle colocación aro central silo de clinker.*

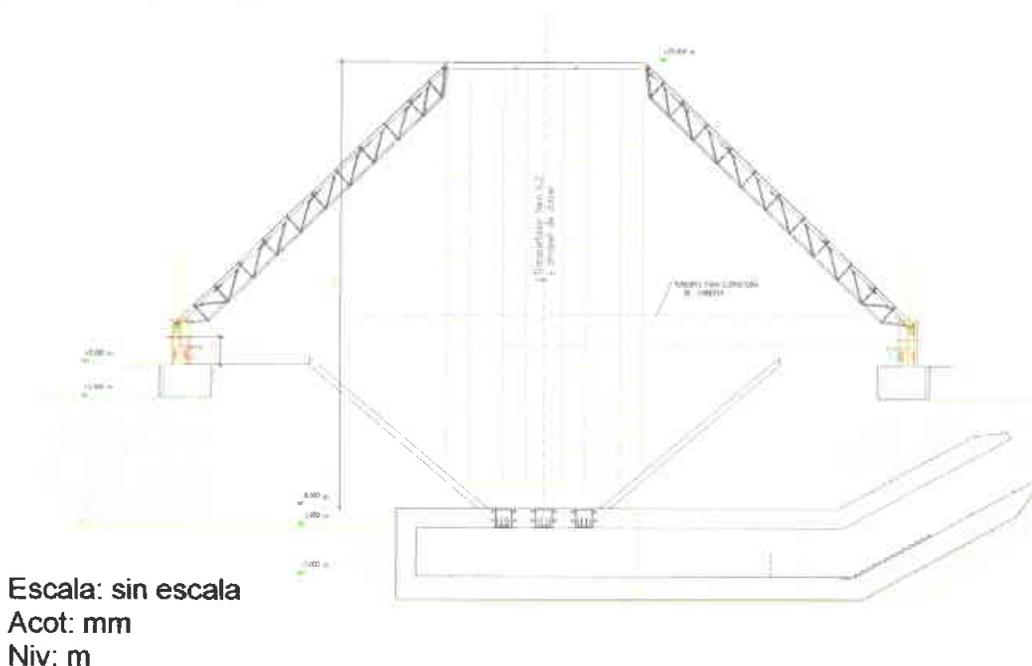


**Figura 5.22 Colocación aro central silo de clinker.**

Montado el aro se revisó su perfecta nivelación y ubicación con respecto a los ejes principales del silo ya que si se quería efectuar alguna corrección al finalizar el deslizado no se podría realizar satisfactoriamente ya que el elemento dependería de las armaduras y del muro del silo.

#### 4ta etapa.

Con el aro perfectamente alineado y revisando que cada una de las torres cargara adecuadamente se inicio con la colocación de las armaduras. Como se mencionó con anterioridad solo se colocaron 12 de estas piezas. En la parte superior se atornillaron y soldaron, en la parte inferior se habilitó una viga provisional para su recepción ya que en si esta debía ser cargada por los gatos que la elevarían pero este proceso se realizaría casi al inicio del deslizado.



**Figura 5.22 Detalle colocación de armaduras de soporte silo de clinker.**

Finalizada la colocación de las armaduras en la parte inferior de cada una de ellas se soldó una placa serviría para tensar la estructura y durante el deslizado evitar que tuviera movimientos la estructura. El proceso se realizaría colocando de un extremo al otro en las armaduras que quedarán de frente cable de acero de  $\frac{1}{2}$ " y simultáneamente se aplicaría una carga en cada cable hasta que la estructura quedara perfectamente tensada y asegurara que no tendría movimientos de contracción o expansión solo los derivados del movimiento de los gatos.

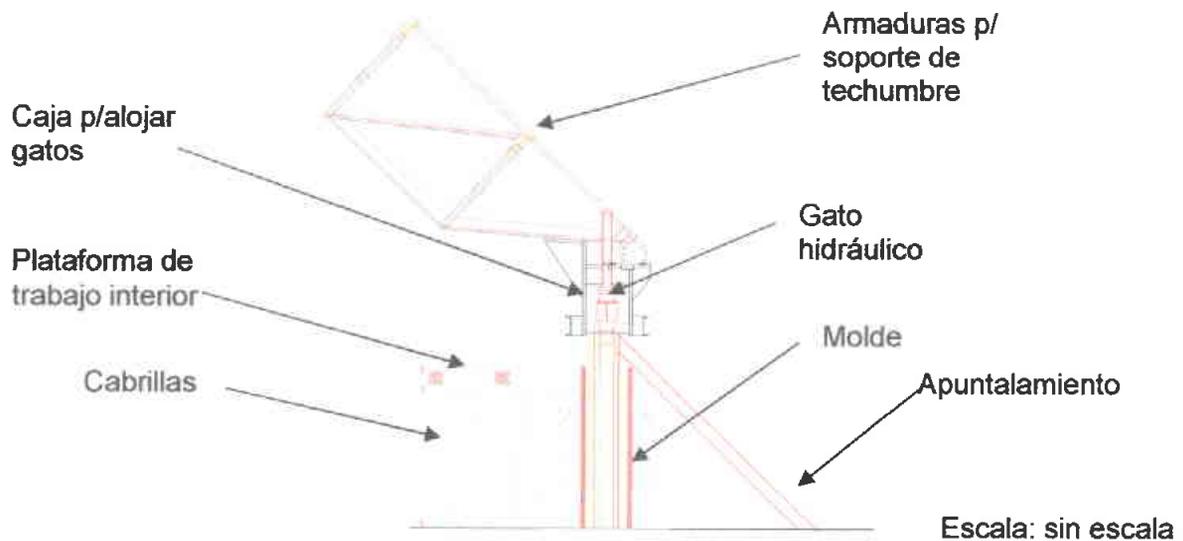


**Figura 5.22 Colocación de armaduras de soporte silo de clinker.**

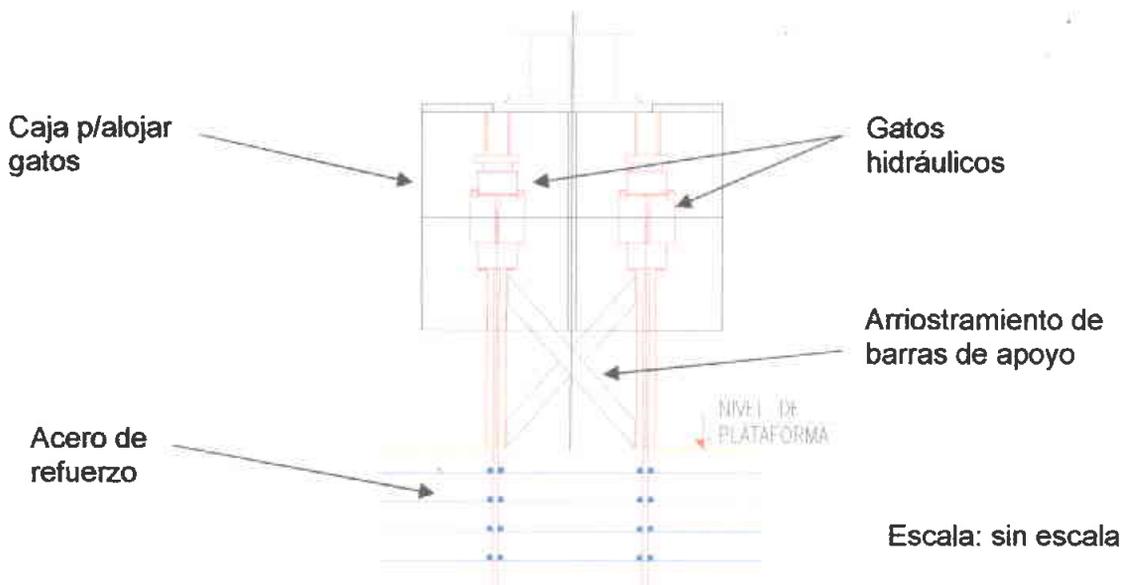
**5ta etapa.**

El sistema de izaje para la techumbre fue el hidráulico por cada armadura se colocaron dos gatos de 6 ton, por lo tanto si se instalaron 12 armaduras se colocaron 24 gatos de 6 ton para el izaje de techumbre es decir se combinó el sistema hidráulico para la techumbre y el sistema neumático para el molde y plataformas de trabajo.

En lugar de la utilización de yugos y piernas para la colocación de gatos se opto por la construcción de cajas a base de placa de 1/2", estas cajas alojarían dos gatos y en su parte superior tendrían soldada una base para la recepción de la armadura correspondiente.



**Figura 5.23 Detalle de caja p/ gatos hidráulicos vista lateral.**



**Figura 5.23 Detalle de caja p/ gatos hidráulicos vista frontal.**

En la parte interior de las cajas se soldarían dos tubos de 1 ½" que servirían de guía para las barras de apoyo, a su vez estos tubos serían reforzados con PTR colocado en forma de cruz para evitar que esas mismas guías tuvieran movimientos.

Todas las cajas en un inicio fueron colocadas provisionalmente es mas fueron apuntaladas ya que el sistema hidráulico no estaba totalmente instalado, además al no haber concreto en el molde las barras de apoyo no tenían la capacidad de soportar el peso que generaban las armaduras y el aro central. Por ello dos días antes del inicio del deslizado se colaron las áreas inferiores correspondientes a cada uno de los gatos con el fin de que para el inicio de los trabajos las barras de apoyo no sufrieran deformaciones y soportaran el peso de la techumbre. Para este colado se colocó plástico en el molde sobre las áreas involucradas con el fin de que al iniciar el deslizado no se tuvieran problemas con el despegue.

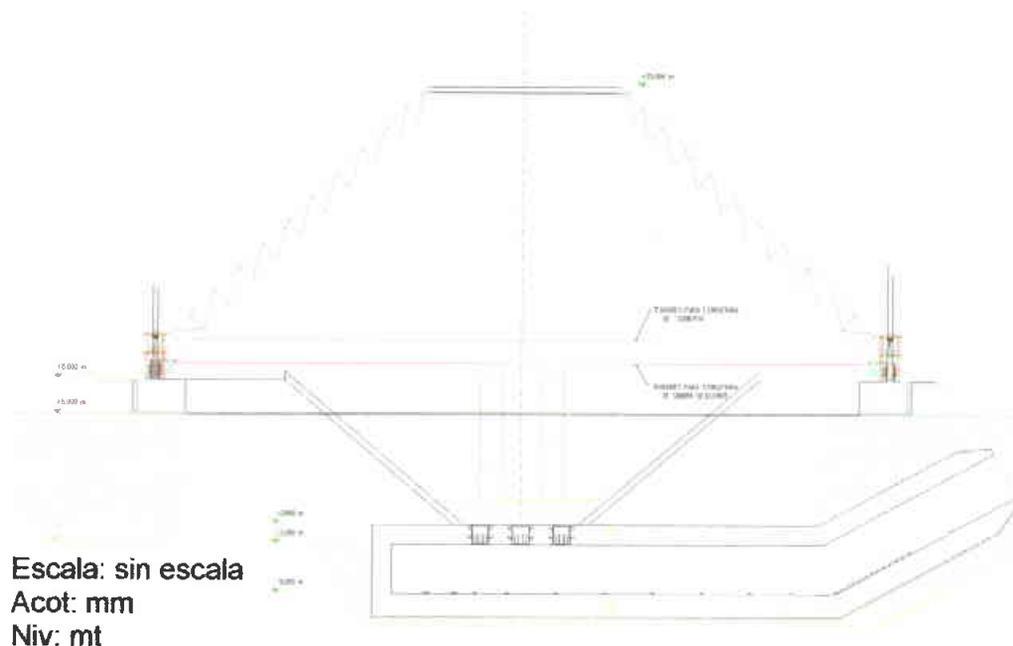
**6ta etapa.**

Instalados todos los gatos hidráulicos se hicieron pruebas para que cargaran la estructura quitando todos los apuntalamientos.

Como se mencionó en el subtema 5.3 el sistema de rigidización en su parte central llevaba una placa de la cual se desprenderían diversos tensores y esta no se podía colocar hasta que se quitara toda la obra falsa ya que estorbaba por ello se debía de esperar a realizar estas operaciones para el inicio del deslizado.

Al mismo tiempo que se inicio el llenado del molde se inició con el desmontaje de la obra falsa ya que para iniciar el despegue se necesitaba que las barras de los gatos neumáticos pudieran soportar el peso del molde.

El desmontaje de la obra falsa se realizó hasta el nivel + 8.000 m ya que en ese nivel ya era factible la colocación de los tensores. Esto se realizó con ayuda de una torre grúa que estaba de apoyo para los trabajos del deslizado. Finalizado este proceso se colocaron sin mayor problema los tensores.



**Figura 5.24 Detalle desmontaje de obra falsa y colocación de tensores p/armaduras.**

#### **7ma etapa.**

La última etapa concernía al desarrollo de los trabajos del deslizado, para lo cual se debían de cumplir con las siguientes premisas con el fin de que los trabajos se realizarán satisfactoriamente.

1. No debe deslizarse simultáneamente el molde y la estructura. En el punto de partida el punto de apoyo de la estructura metálica debe estar máximo 35 cm por arriba del nivel inferior del travesano inferior de los yugos de los gatos del molde. Esto se debe a que es el espacio libre entre el borde superior del molde y ese travesano necesario para colocar el acero de refuerzo correspondiente así como ductos de presfuerzo, elementos ahogados o cualquier otro tipo de inserto.

2. Primero se desliza el molde por lo menos hasta cumplir con la separación del acero de refuerzo horizontal y máximo los 35 cm mencionados en el punto 1.

3. Se para completamente el deslizado del molde, se coloca acero de refuerzo y ductos y con el molde parado se iza la estructura metálica una distancia mínima de la separación del acero de refuerzo horizontal y como máximo los 35 cm mencionados en el punto número 1.

4. Es importante que el fraguado del concreto dentro del molde deslizante no sea menor a 50-60 cm antes de izar la estructura del molde ya que se depende de la resistencia del concreto para impedir los movimientos de traslación y rotación de la estructura.

5. Respecto del punto anterior, la estructura metálica va ligada a los yugos adyacentes con un sistema de guías metálicas que apoyan en esos yugos e impiden la traslación y rotación del conjunto. Esto solo podrá funcionar si el molde esta parado completamente antes del izaje de la estructura así como la cantidad de concreto fraguado dentro del molde es suficiente como para evitar cualquier movimiento de la estructura. Deberá vigilarse también el plomeo de los yugos adyacentes a fin de identificar cualquier posible desviación de su posición como resultado de su efecto de guía durante el proceso de deslizado de la estructura.

6. A fin de verificar la correcta posición del conjunto, deberá verificarse la plomicidad y la rotación del molde deslizante por lo menos cada 2 horas para lo cual se instalaran 12 puntos de verificación en el interior del silo a fin de identificar cualquier desviación y corregirla en su momento.

7. En caso de que se identifique rotación del molde deslizante, esta deberá corregirse con la ayuda de tirfors anclados por una parte en el concreto endurecido que sale en la parte inferior del molde y por la otra parte en la cuerda superior de la estructura de rigidez del molde. Estos tirfors tienen la función de aplicar un par en el sentido opuesto del giro detectado y deben actuar siempre en pares, colocados en posiciones opuestas con relación al molde y por lo menos en cuatro posiciones simultáneamente.

8. En caso de que se detecte desplome del muro de concreto, este deberá corregirse cabeceando el molde de acuerdo al sentido opuesto del desplome. Este cabeceo o desnivel del molde nunca deberá ser mayor a 1" medida entre los extremos opuestos del molde donde se este cabeceando.

9. Los gatos hidráulicos que izan la estructura metálica van provistos de dispositivos de auto nivelación y en ningún caso deberá permitirse la carrera de los gatos más allá de 35 cm sin que el collarín de nivelación sea ajustado previo chequeo del nivel. Esto asegurara mantener siempre bajo control la velación de la estructura restringiendo su desplazamiento horizontal debido a cambios de su centro de gravedad.

10. La estructura metálica estará provista de tensores que tomaran el movimiento natural de la estructura y que una vez que este montada y lista para el izaje transmitirán una carga lateral cercana a cero a las barras de trepa de los gatos encargados de izarla.

11. A fin aumentar la resistencia de las barras de trepa de los gatos hidráulicos y la cual depende de su longitud efectiva de pandeo, se ha previsto de un doble sistema de arrojamiento de las mismas. El primero de ellos estará instalado en las camisas que se colocan en la parte inferior de los gatos y que consiste en un sistema de contraventeo soldado a tales camisas. El segundo de ellos consiste en el troquelamiento de la barra de trepa que va quedando ahogado en el concreto para la cual se habilitarán y colocarán unas piezas de acero de refuerzo de 3/8" en forma de zeta que se colocarán amarradas al acero de refuerzo con una separación igual al del acero de refuerzo horizontal.

12. A fin de tener el máximo control del izaje de la estructura metálica, se ha eliminado el timer que acciona automáticamente la bomba hidráulica del sistema. El accionamiento de la bomba será manual por medio de una botonera on/off de manera que la acción de izaje de los gatos será controlada exclusivamente por la persona encargada del proceso.

13. En caso de detectar algún movimiento rotacional de la estructura con respecto del molde, se instalaran cuñas metálicas en las guías de los yugos adyacentes a fin de corregir esos desplazamientos aprovechando la gran rigidez del molde deslizante y la resistencia del concreto fraguado.

14. El nivel final de la estructura metálica una vez terminado el deslizado esta definido por la longitud del banco de apoyo de la misma y que esta calculado de tal manera que al final el deslizado del muro de concreto el nivel de la placa de apoyo de la estructura será 1" por debajo del nivel del proyecto. El nivel final se alcanzara ajustando los collarines de los dispositivos de auto nivelación al nivel final de la estructura y accionando la bomba hasta que todos los gatos alcancen ese nivel.

## **5.6 Plataformas de trabajo.**

Los trabajos para el habilitado de las plataformas de trabajo fueron realizados bajo los mismos parámetros marcados en el capítulo 2 con sus propias características de acuerdo a los materiales empleados y a que el gasto de los mismos sería mayor debido a las dimensiones del silo de clinker.

Para la plataforma de trabajo se utilizaron 236 pzas de polin de 4" x 4" x 8'. Sobre los polines se colocó duela ocupando 1336 pzas de 1" x 4" x 8'. Se dejaron cuatro escotillas para accesos a la plataforma de trabajo inferior.

En el caso de la plataforma interior se combino el uso de escuadras de madera a base de barrote y escuadras a base de PTR del tipo OR 51 x 51 x 3.2. Por cada una de las piernas se instaló una escuadra es decir se utilizaron 54 escuadras de PTR y 54 escuadras a base de barrote. Sobre las escuadras se colocaron 3 polines de 4" x 4" x 8' y sobre estos duela de 1" x 4" x 8'. Para ello se ocuparon 180 polines y 590 duelas.

Para la plataforma superior o de fierros se ocuparon 324 pzas de polin de 4" x 4" x 8' y 118 pzas de tablón de 2" x 10" x 8'.

En las plataformas colgantes se utilizó en la zona exterior jengues de PTR del tipo OR 51 x 51 x 3.2 ocupando 60 pzas y en el interior se utilizaron jengues de varilla de 5/8" utilizando 54 pzas. Los tabloncillos utilizados para piso de esta plataforma fueron 118 pzas.

A continuación se presenta una tabla con el resumen de materiales empleados para la fabricación de las plataformas de trabajo del silo de clinker:

Elemento	Polin de 4"x4"x8' (pza)	OR 51 x 51 x 3.2 (ton)	Barrote de 2" x 4" x 8'	Duela 1" x 4" x 8' (pza)	Tablón de 2"x10"x8' (pza)
Plataforma interior	236			1336	
Plataforma exterior	180	0.790	54	590	
Plataforma superior	324				118
Plataforma inferior		1.60			118

**Tabla 5.6 Materiales empleados para plataformas de trabajo.**



**Figura 5.25 Plataformas de trabajo silo de clinker.**

### 5.7 Elementos auxiliares.

La plataforma superior de trabajo se iluminó con 96 unidades de 100 wats y las plataformas colgantes con 72 unidades tanto exterior como interior. En caso de requerirse mayor cantidad, éstas se adaptarán en campo, los accesos y patio de almacén de acero de refuerzo se iluminara con reflectores.

Se colocaron dos accesos a base de andamios uno al lado noreste y otro al suroeste para los cuales se ocuparon 60 marcos de 1.80 m de altura, 60 tijeras de 1.22 m y 30 escaleras.

Para el abastecimiento de materiales se instaló una torre grúa pingon a 45 m de altura respecto al nivel de piso con una capacidad de 20 ton. La altura de colocación de la grúa debía librar tanto al muro como la techumbre.

El suministro de concreto se realizó con dos bombas del tipo telescópica las cuales tendrían la capacidad de suministro en todo el deslizado sin necesidad de colocación de tubo tremi. Además en la plataforma se contó con tres tolvas construidas de madera con capacidad 0.50 m<sup>3</sup> debido a que solo se contaba con dos bombas estas debían desplazarse en un periodo determinado de tiempo para el llenado de la tolva que restaba.

El sistema de nivelación se compuso de un sistema de mangueras de nivel, plomadas, además de que para el sistema neumático en caso de algún punto que no estuviera nivelado se podrían manipular individualmente para corregir este. El caso de los gatos hidráulicos para la techumbre estos tenían sus barras niveladoras para un control más exacto.

Para garantizar la continuidad de los trabajos durante el deslizado se contó con herramienta menor como: garruchas, cable de polipropileno para subir material a los albañiles , cable de acero, tensores , tirfords, diferenciales para el control de plomos, carretillas, vibradores, equipo de oxicorte, planta de soldar, entre otros.



**Figura 5.26 elementos auxiliares silo de clinker.**

## 5.8 Personal

Para los trabajos del deslizado se contó con el siguiente personal para un solo turno:

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>
Ing. Superintendente	01
Ing. Residente	02
Sobrestante	02
Cabo fierro	02
Cabo carpintero	01
Cabo albañil	02
Operador de torre grúa	01
Soldador	02
Oficial fierro	30
Oficial carpintero	08
Oficial albañil	24
Ayudante general	28
Electricista	01
Gatero	02
Carretillero	10
Tolero	06
Vibradorista	06
Personal de presfuerzo	12
Suma:	<b>138</b>

Nota: el turno de noche contó con el mismo personal.

**Tabla 5.7 Personal por turno, deslizado de silos de cemento.**

El personal se organizó en cuadrillas para la realización de las diversas actividades dentro del deslizado teniendo la siguiente distribución:

- 2 soldadores con 1 ayudantes para la colocación de placas del presfuerzo y atraques para torre de escalera.

- 5 fierros con 4 ayudantes en la zona de almacenamiento de acero, para estrobar y suministrar a la plataforma de trabajo.
- 10 fierros con 5 ayudantes para colocación de acero vertical.
- 15 fierros con 7 ayudantes para la colocación de acero horizontal.
- 8 carpinteros con 4 ayudantes para nivelación de la plataforma, colocación de escalera y traslapes de tubo varilla lisa y tubo trepa.
- 14 albañiles en la plataforma inferior exterior con 2 ayudante a nivel de terreno para suministro de materiales y 10 albañiles en la plataforma inferior interior con los 2 ayudantes para suministro de materiales todo para el silo 3 y el mismo personal para el silo 4.
- Un electricista para cualquier eventualidad del sistema eléctrico.
- 2 gateros para control del sistema neumático, bomba y elementos del sistema hidráulico.
- 10 carretilleros para colocación de concreto en todo el molde.
- 6 tolveros para recepción del concreto y suministro a los carretilleros, dos por cada tolva.
- 6 vibradoristas para vibrado de concreto.
- 5 paleros para llenado del molde y limpieza de plataforma de trabajo.
- 12 carpinteros para colocación de ductos, placas y cimbra para el sistema de presfuerzo.

Ingenieros, sobrestante y cabos se dedicaron a supervisar y coordinar las diversas áreas de trabajo cuidando que se cumpliera con las especificaciones marcadas en planos.

## 5.9 Concreto.

El volumen de concreto fue de 1979.20 m<sup>3</sup> con una resistencia de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  el cual se colocó con el sistema de colado continuo y fue de la siguiente manera en la primera etapa 93.00 m<sup>3</sup> para el llenado de molde en un tiempo de 4 hr. Posteriormente se suministrará aproximadamente a razón de 15 m<sup>3</sup> por hora como máximo durante los siguientes ocho días y 8.50 m<sup>3</sup> como mínimo durante los siguientes trece días.

Nota: las características del concreto fueron similares a la de los silos anteriores salvo que para este deslizado se trabajo con un rendimiento menor debido a la complejidad de deslizar la techumbre en conjunto con el molde.

Turno	Entrada	Salida	Volumen Concreto m <sup>3</sup>	Nivel Inicial m	Nivel final m
Día	10:00	19:00	139	8.000	9.800
Noche	19:00	7:00	139	9.800	11.600
Día	7:00	19:00	139	11.600	13.40
Noche	19:00	7:00	139	13.40	15.20
Día	7:00	19:00	139	15.20	17.00
Noche	19:00	7:00	139	17.00	18.80
Día	7:00	19:00	139	18.80	20.60
Noche	19:00	7:00	139	20.60	22.40
Día	7:00	19:00	139	22.40	24.20
Noche	19:00	7:00	139	24.20	26.00
Día	7:00	19:00	139	26.00	27.80
Noche	19:00	7:00	139	27.80	29.60
Día	7:00	19:00	139	29.60	31.40
Noche	19:00	7:00	139	31.40	33.20
Día	7:00	19:00	84	33.20	34.308

Nota: los niveles indicados son de acuerdo al proyecto y están referidos a bancos de nivel ubicados en la planta se cementos y concretos nacionales.

**Tabla 5.8 Avances por turno y volúmenes de concreto suministrado.**

### 5.10 Acero de refuerzo.

Durante el deslizado del silo de clinker se colocaron 300 ton de acero. El volumen de acero por diámetro fue el siguiente 3/8" = 7.53 ton, 1/2"= 3.82 ton, 5/8"=57.62 ton, 3/4"= 173.59 ton, y de 1"= 57.50 ton.

Tanto en cimentación como en muro se debieron realizar diversas modificaciones en cuanto al diseño original debido a que se solicitaba que los traslapes de la varilla vertical de  $\phi=1"$  fueran realizados con conectores mecánicos (mufas) proceso que en el deslizado sería muy tardado y poco factible. Además en las zonas donde se colocaron las cajas que alojaron a los gatos hidráulicos se realizó un cambio de acero, colocando diámetros mayores al especificado para compensar pzas que fueron cortadas debido a que estorbaban para la colocación de las cajas.



También como se mencionó en el subtema 5.5 se adicionaron pzas de  $\phi = 3/8"$  para rigidizar las barras trepa de los gatos hidráulicos.

En el silo de clinker se presentaron dos arreglos, uno para el muro de 0.45 m y el otro para las columnas de 0.90 m de espesor que serian la base para el sistema de postensado.

Para el muro el acero vertical en la zona exterior se inicio a partir del nivel + 8.000 m y se intercalaron piezas de 6.0 m de longitud de  $\phi = 3/4"$  y  $\phi = 1"$  a una separación de 0.18 m hasta el nivel de terminación de la trabe en las cuales ya se colocaron sus respectivos detalles. En el caso de la zona interior se colocó varilla de 6.0 m de longitud y  $\phi = 5/8"$  a cada 0.18 m.

El acero horizontal en la zona interior se intercaló con una separación de 0.14 m, por cada segmento de muro se colocaron 2 pzas de 12.0 m de longitud y  $\phi = 3/4"$  y en el segundo anillo una pieza de 6.0 m, una de 12.0 m y una de 7.60 m todas de  $\phi = 3/4"$  y así subsecuentemente, el arreglo no cambio solo la separación que a partir del nivel +17.875 m cambia a 0.16 m. En la zona interior del nivel + 8.000 m al + 17.875m se realizó un arreglo similar al del exterior colocando a cada 0.14 m 2 pzas de 12.0 m de longitud y  $\phi = 3/4"$  y en el siguiente anillo una pieza de 6.0 m, una de 12.0 m y una de 7.30 m todas de  $\phi = 3/4"$ . Del nivel +17.875 m al +25.855 m se colocó el mismo arreglo salvo que la separación vario a 0.16 m. Del nivel + 25.855 m al + 32.575 m se conserva la separación a cada 0.16 m, las longitudes y arreglo de las varillas no cambian solo el diámetro de las mismas a 5/8". Del nivel + 32.575 m hasta finalizar el deslizado se vuelve a las pzas de  $\phi = 3/4"$ .

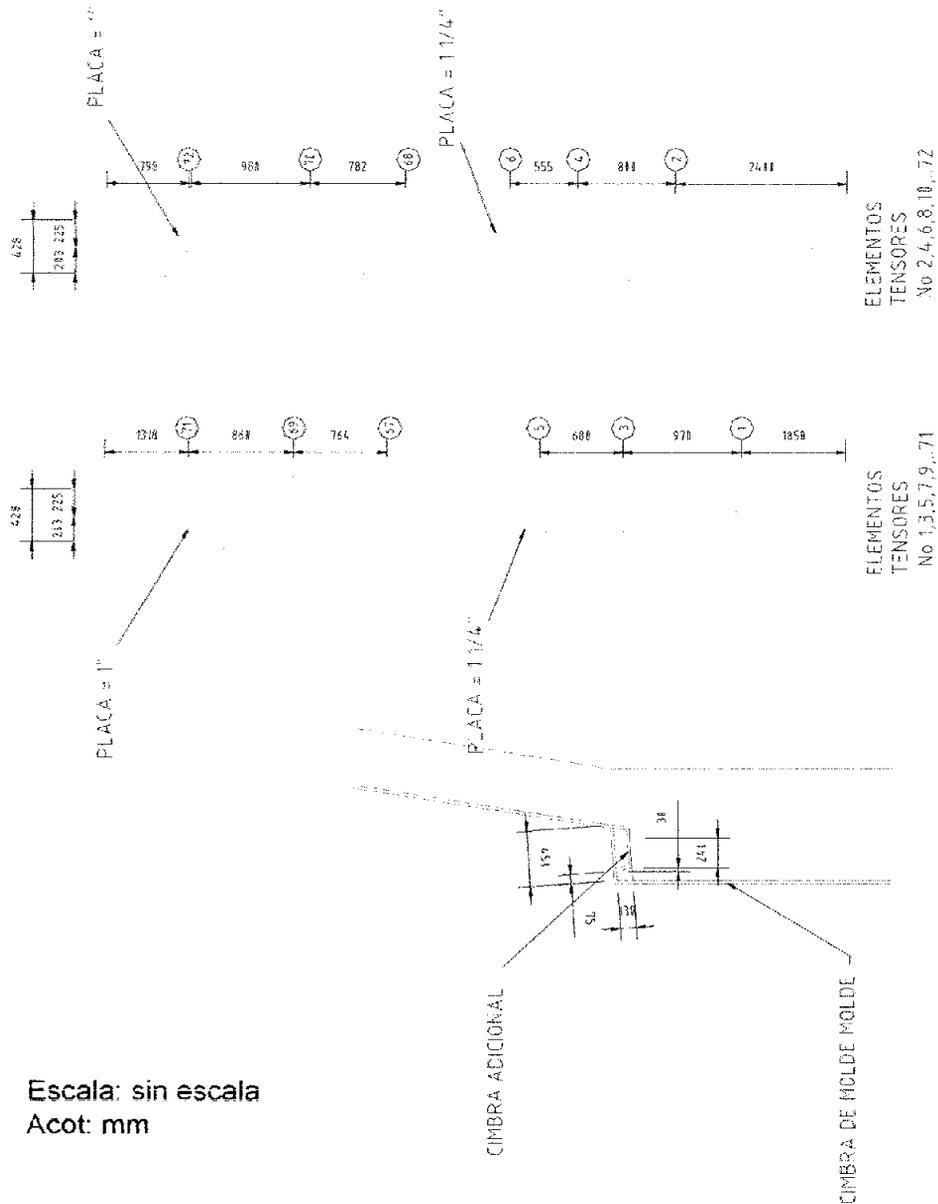
En el caso de las columnas el arreglo acero vertical tanto exterior como interior se desarrolló bajo las mismas premisas que la del acero del muro misma separación y tipo de piezas. En cuanto al acero horizontal en la zona exterior se colocó la pieza tipo 18 (ver despiece de acero o plano en los anexos) del nivel + 8.000 m al + 17.875 m a una separación de 0.14 m y del + 17.875 m a finalizar el deslizado solo cambia la separación por 0.16 m. En la zona interior el acero horizontal del nivel + 8.000 m al +17.875 m se colocó varilla de 7.50 m de  $\phi = 3/4"$  a cada 0.14 m. Del nivel + 17.875 m al + 25.855 m se colocó la misma pieza pero a una separación de 0.16 m. Del nivel +25.855 m al +32.575 m se conserva la separación pero se coloca varilla de 7.50 m y  $\phi = 5/8"$ . Por último del nivel +32.575 m al final del deslizado se colocó a cada 0.16 m varilla de 7.50 m y  $\phi = 3/4"$ .

Cabe mencionar que la pieza tipo 18 tuvo que ser cortada en tres segmentos respetando los diversos traslapes esto debido a que la pieza completa no se podía colocar ya que las piernas del sistema de izaje no lo permitían.

### **5.11 Sistema de Preesfuerzo.**

El sistema de preesfuerzo durante el deslizado consiste en la colocación de ductos para que posteriormente se realice la colocación de torones y el tensado de los mismos, todo esto se hará de acuerdo con la información en planos aprobados para construcción (diámetros, longitudes y separación entre cada uno).

Durante el deslizado se colocará en los extremos de cada caja de columna una cimbra fija en la cual se sujetara una placa con una trompeta continuando con la colocación de ducto en cada nivel que indica el plano 72 posiciones (accesorios para el postensado).



**Figura 5.27 Detalles de cimbra para postensado.**

El sistema que se usó es tipo V y se tendrá dos tipos de toron:

El primero será de 12V13 que inicia en el nivel + 9.85 m y termina en el nivel + 28.582 m y que usara los siguientes accesorios, una placa de 0.24 x 0.24 x 1 1/4" de esp.

Una trompeta de 0.13 de diámetro reduciendo a 0.063 para conectarse con el ducto de 2 ½" de diámetro.

El segundo será de 7V13 que inicia en el nivel + 28.992 y termina en el nivel + 33.51m y que usara los siguientes accesorios, una placa de 0.19 x 0.19 x 1" de esp. Una trompeta de 0.085 m de diámetro reduciendo a 0.050 m para conectarse con el ducto de 2" de diámetro.

Se hará la cimbra provisional con la colocación de las placas y trompetas en sitio y las cuales se enumeraran de acuerdo a su posición de conformidad con los planos aprobados para construcción por una parte los nones y por otra los pares con su separación correspondientes como se muestra en el dibujo anterior, esto para facilitar su instalación durante el deslizado.

## CONCLUSIONES

La zona donde quedo enclavada la planta de Cementos y Concretos Nacionales (CYCNA), Aguascalientes, ofrece una gran beta para la extracción de piedra caliza, materia prima para la fabricación del cemento y aunado a la creciente demanda de este producto originó que contando ya con una línea de producción se pensará en incrementar la producción con una segunda línea de producción, para la cual se tuvieron que construir los edificios encargados de realizar el procesamiento del cemento. Durante toda esta etapa la ingeniería civil tuvo que intervenir tanto en el diseño, planeación y construcción de todos los edificios.

Mediante el presente trabajo se dieron las bases teóricas para la aplicación del sistema de cimbra deslizante, los parámetros que deben ser considerados para cualquier caso en que se quiera utilizar este sistema. Aún así debido a que no se encuentra dentro de los alcances del trabajo lo que respecta al diseño de cabrillas y distribución de gatos se debe de realizar un estudio minucioso de cargas para poder proponer estos conceptos.

Es importante resaltar que a comparación con cualquier otro método utilizado para la construcción de silos el sistema de cimbra deslizante ofrece innumerables ventajas como son en cimbra se genera un ahorro sustancial ya que con un solo molde se puede cubrir alturas de 20 a mas metros sin necesidad de cambios, ni el uso de obra falsa, a la vez se tiene una menor perdida de tiempo ya que se realizan tres procesos simultaneos que es el armado de acero, deslizamiento de cimbra y colado continuo procesos que si se realizaran con otro sistema se tendrían que realizar encadenados generando tiempos muertos redundando en mayor gasto.

A la vez se debe de estudiar meticulosamente donde se va aplicar este sistema ya que no en todos los edificios es factible su aplicación y en caso de realizar una mala elección puede ser contraproducente, es decir en vez de generarnos un ahorro nos puede ocasionar perdidas.

Se debe de tomar especial atención en la perfecta planeación de todos los elementos que intervienen durante el colado continuo, se deberá de contar tanto con acero, embebidos, sistema de postensado antes del inicio de los trabajos. Además de contar con cada elemento que nos facilite la realización de la cadena tecnológica que implican los trabajos de colado continuo como son accesos para el personal, alumbrado, equipos para suministro de concreto y materiales etc.

Un aspecto muy importante para el ahorro de materiales es darle un determinado número de usos al molde de acuerdo a un estudio de factibilidad. En los casos presentados para cada silo se ocupo madera nueva, siendo que para los moldes del silo de homogeneización y silos de cemento presentaban características muy similares y se podían haber reutilizado. Al caso del silo de clinker se podía haber vuelto a ensamblar el molde a partir de los ya existentes de los dos silos anteriores solo adecuando las cerchas al radio marcado y revisando si el triplay empleado todavía era útil para los trabajos, en realidad se podían haber cambiado algunos paneles pero no realizar la inversión por completo para eficientar el sistema.

Durante los trabajos del deslizado se presentaron algunos contratiempos con respecto al trabajo de los gatos ya que al ocupar una combinación de gatos con capacidad de 3 ton y 6 ton en determinados momentos se provocaban deformaciones a pesar de un estricto control de la nivelación, estas deformaciones se tenían debido a que la velocidad de avance de los gatos de 6 ton era mayor a los de 3 ton es por ello que como sugerencia al sistema propongo que se trabaje con gatos de la misma capacidad ya sea solo de 3 ton o 6 ton lo que resulte del diseño, además con el uso de gatos de misma capacidad se ahorra en la fabricación de yugos y piernas ya que se pueden usar el sistema estandarizado y no se fabrican elementos especiales para los casos del gato que tenga mayor capacidad.

Además de cuidar el uso de gatos de misma capacidad un aspecto importantísimo durante los trabajos de colado continuo que nos ayudará a un mejor desempeño en cuanto a la nivelación es el fraguado, para ello se deberá platicar con el personal que se contrate para el suministro del concreto como en este caso que fue la propia CYCNA y se le deberán indicar las características con que debe de contar el concreto tipo de revenimiento, tiempo de fraguado, temperatura entre otros. La dosificación la tendrán que cuidar de manera que nos ofrezca las mismas cualidades de concreto a distintas horas del día. Se deberá siempre cuidar que el mínimo de revenimiento sea de 30 cm y no permitir un fraguado menor por la premura de los trabajos ya que esto nos puede provocar serios problemas tanto en acabado como en verticalidad del elemento.

Dentro del cuidado de la nivelación y verticalidad del sistema de cimbra deslizante y del edificio en si, se presentaron varias opciones para la corrección de estos en caso de que no sean satisfactorios, de acuerdo a la experiencia obtenida en los trabajos de los tres deslizados la opción mas recomendable es la de disminuir el recubrimiento del acero obligando a que el molde vuelva a su estado inicial aunado a un estricto control por parte de topografía. Además es recomendable utilizar cualquier otra opción aquí presentada para reforzar y evitar que el edificio sufra algún desplome.

En cuanto al uso de los sistemas de izaje creo que los más adecuados son el hidráulico y el neumático presentando cada uno de ellos sus ventajas y desventajas. El sistema hidráulico nos permite una mayor automatización del sistema ocupando un menor personal y solo en periodos cortos de tiempo pudiendo asignar otras tareas durante los tiempos en que no se opere el sistema. En cuanto al sistema neumático nos ofrece un control en el momento que así se requiera individual de cada gato pero siempre debe de estar un operador para el ascenso del sistema.

Dentro de la asignación de actividades durante los trabajos de colado continuo se debe de tener un control estricto del personal y ser preciso en el numero de personas que realizaran determinada actividad ya que por lo general en obra no se cuenta con el personal suficiente, por lo tanto este debe ser trasladado de alguna zona aledaña o algún punto del país, en general siempre se necesitan oficiales capacitados y en las zonas de trabajo solo se pueden conseguir ayudantes por lo tanto si no se prevee este aspecto durante el deslizado se tendrá un menor rendimiento ocasionando problemas como el pegado del molde.

Un aspecto importante que depende de la estructuración del edificio son los cambios de sección, estos deben ser realizados a la brevedad posible contando con el suficiente personal para realizar el cambio en por lo menos 6 hr sin importar las

dimensiones del molde, ya sea la que trabaja en el mismo deslizado como la de otras áreas que estén dentro de la misma empresa, debe de cuidarse la perfecta verticalidad de nuevo molde y se deben reiniciar los trabajos cuidando que se tenga el fraguado de por lo menos 30 cm.

Debo mencionar que fue de gran relevancia para todos los que participamos en la construcción del Silo de Clinker ya que es el primer silo en el país que se desliza en conjunto con la techumbre. Antes del inicio se tuvo gran incertidumbre en cuanto al comportamiento del sistema pero una vez iniciados los trabajos todo se comporto de buena forma en cuanto al molde no se tuvo ningún desplome considerable y la estructura por momentos en algún apoyo presento algún desplazamiento pero fue corregido sin contratiempos.

Como punto final debo decir que lo aprendido durante la carrera me sirvió para poder enfrentarme a un ámbito laboral y en conjunto las dos experiencias me fortalecen para poder enfrentar nuevos retos en la construcción o en alguna otra área de la ingeniería civil. Por una parte la enseñanza universitaria me ayudo a la planeación de los diversos trabajos y el ámbito laboral me ayudo a conocer nuevas técnicas constructivas como el mencionado en esta tesis y a poder tener un manejo de personal adecuado que para esta profesión es muy importante.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ernesto Flores Taboada, "Utilización de cimbra deslizante en la construcción de grandes obras", Tesis de licenciatura, Ingeniería Civil FES Acatlán, México, D.F., 1985.
- F. Gomá, El cemento Portland y otros aglomerados, Barcelona España, Editores Técnicos Asociados, 1979.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., Recomendaciones para el diseño y construcción de silos de concreto, México, Limusa, 1990.
- INEGI
- J.G. Richardson, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., Cimbras, fallas, seguridad de la cimbra y descimbrado, México, LIMUSA, 1990.
- Juan de las Cuevas Toraya, Un siglo de cemento en Latinoamérica, México, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 1999.
- Juan Ravenet Catalan, Silos, Barcelona España, Editores Técnicos Asociados, 1977.
- Mario Alberto Castillo Madrid, Gloria Daaddah Daaddah, Héctor Ernesto Voindiola Córdova, Diseño y Construcción de un edificio de diez niveles con el procedimiento de cimbra deslizante y elementos prefabricados, Tesis de licenciatura, Ingeniería civil FES Acatlán, México, D.F. 1980.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

- Planos y Especificaciones del Silo de Homogeneización.
- Planos y Especificaciones de los Silos de Cemento.
- Planos y Especificaciones del Silo de Clinker.
- Silvano Monsalvo Vilchis, Procedimiento para la Construcción del Silo de Homogeneización, Febrero 2003.
- Silvano Monsalvo Vilchis, Procedimiento para la Construcción de los Silos de Cemento N°3 y 4, Mayo 2003.
- Silvano Monsalvo Vilchis, Procedimiento para la Construcción del Silo de Clinker, Agosto de 2003.

## GLOSARIO

**Aluminatos:** Compuesto en que desempeña la alúmina el papel de ácido.

**Aluvión:** limo, arena, arcilla, grava o material suelto depositado por corrientes de agua. El aluvión aparece normalmente en cualquier punto en el que la velocidad de las aguas torrenciales se reduce, así como la capacidad de transporte de la corriente hasta que el traslado de sedimentos ya no es posible.

**Apuntalar:** Proceso por el cual se soporta un elemento con madera o perfiles de acero.

**Arcilla:** Sustancia mineral empapada en agua, impermeable y plástica formada principalmente por silicato aluminico.

**Arenisca:** roca sedimentaria con granulado grueso formado por masas consolidadas de arena. Su composición química es la misma que la de la arena; así, la roca está compuesta en esencia de cuarzo.

**Bacha:** Dispositivo de acero en forma cónica, el cual sirve para transportar el concreto, generalmente su capacidad oscila entre los 0.50 m<sup>3</sup> y los 2 m<sup>3</sup>.

**Cabo:** Mando intermedio en una obra que tiene asignado un determinado número de personal para el desarrollo de una cierta actividad.

**Cabrillas:** Armaduras dispuestas en diversos puntos del molde interior, tiene la finalidad que los paneles de la cimbra no trabajen de forma individual así mismo permitirá controlar las deformaciones radiales que se presenten durante el deslizado. Son fabricadas generalmente a base de perfiles de acero A-36.

**Calizas:** roca sedimentaria, compuesta por calcita (carbonato de calcio, CaCO<sub>3</sub>).

**Cangilones:** cinta transportadora equipada con pequeñas cucharas.

**Cerchas:** Cada una de las partes de que se compone un arco, un aro del molde para el deslizado.

**Conglomerado:** roca sedimentaria formada por fragmentos (clastos) y grava litificada.

**Contrafuertes:** Pilar que sirve de apoyo a una pared que soporta una carga.

**Curado:** proceso de hidratación y asentamiento de la mezcla de cemento con sus agregados durante el cual se desprende calor.

**Depósitos clásticos:** material pétreo con diámetro entre 2 y 4 mm.

**Descarbonatización:** proceso por el cual se le quita el ácido carbónico al cemento.

**Desmoldante:** producto químico que se le adiciona a la madera para evitar que esta quede pegada al concreto.

**Embreizado:** consiste en la colocación de un segmento de polin en forma vertical en cada junta de tarima y dos segmentos de barrote en forma diagonal con el fin de evitar deformaciones en las tarimas del molde durante el vaciado del concreto.

**Embebidos:** son los diversos huecos y placas que servirán de anclaje para elementos que posterior al deslizado formaran parte del edificio. Al igual que con el acero estos elementos deben ser fabricados con anticipación para no tener contratiempos durante la ejecución de los trabajos del deslizado.

**Esquistos:** rocas metamórficas cuyos cristales, en general los del mineral más abundante, están alineados en capas paralelas formando un gran número de exfoliaciones compactas y bien desarrolladas.

**Estrobar:** Proceso mediante el cual por medio de cable de polipropileno o cable de acero se fija una pieza específica a un gancho para que este pueda ser izado por una grúa para su transporte.

**Fierrero:** trabajador cuya función en la obra es la del habilitado y colocación de acero de los elementos estructurales.

**Fraguado:** endurecimiento de la cal, cemento, yeso otros materiales al contacto con el agua.

**Garrucha:** Polea utilizada para el abastecimiento de material cuando se realizan trabajos en altura.

**Gradiente:** en un punto donde se define como la pendiente de la tangente (recta que toca a la curva sólo en dicho punto).

**Jengues:** tienen la forma de columpios cuya función es la de soportar la plataforma colgante, pueden ser construidos de varilla corrugada de diámetro no menor a 5/8" o algún perfil de acero A-36.

**Junta fría:** se forma cuando se coloca concreto fresco sobre el que ya se ha puesto rígido y el concreto nuevo ya no puede incorporarse al viejo por vibración.

**Malacate:** consta de un motor, un embrague, una transmisión con reducción y un tambor donde se enrolla el cable y sirve para mover elementos mediante el cable que posee.

**Margas:** depósito de carbonato de calcio amorfo, arcilla y arena en diversas proporciones, caracterizado por el ingrediente predominante.

**Meteorización:** es el proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos en o cerca de la superficie de la Tierra.

**Monolítico:** elemento colado en una sola etapa.

**Obra falsa:** sistema de andamios que son utilizados para soportar cimbra de contacto.

**Pandeo:** Acción de pandear o torcerse un elemento alabeándose.

**Piernas:** elementos verticales que forman parte del sistema de izaje que están unidas al yugo para formar parte del marco que izara al molde.

**Plomada:** Plomo colgado de un hilo que sirve para determinar la vertical.

**Postensado:** creación intencional de esfuerzos permanentes en un elemento o una estructura, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio. La tensión del refuerzo se realiza después de colocar el concreto.

**Pretensado:** creación intencional de esfuerzos permanentes en un elemento o una estructura, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio. La tensión del refuerzo se realiza antes de colocar el concreto.

**Rocas ígneas:** rocas formadas por el enfriamiento y la solidificación de materia rocosa fundida, conocida como magma. Según las condiciones bajo las que el magma se enfríe, las rocas que resultan pueden tener granulado grueso o fino.

**Rocas metamórficas:** rocas cuya composición y textura originales han sido alteradas por el calor y la presión existentes en las profundidades de la corteza terrestre.

**Rocas sedimentarias:** rocas compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la acción del agua y, en menor medida, del viento o del hielo glaciar.

**Sobrestante:** El encargado de dirigir a cabos para que realicen diversas funciones en la obra.

**Tarima:** panel que conforma el total de la cimbra utilizada para un determinado elemento estructural.

**Toba:** calizas o calcáreas se forman por la precipitación de carbonato de calcio.

**Tolva:** caja abierta en la cual se realiza el vaciado de concreto para su posterior distribución.

**Traslape:** Acción de cubrir un elemento con otro de modo que exista una continuidad y no afecte a un elemento estructural.

**Troquelamiento:** Proceso por el cual se soporta un elemento con madera o perfiles de acero

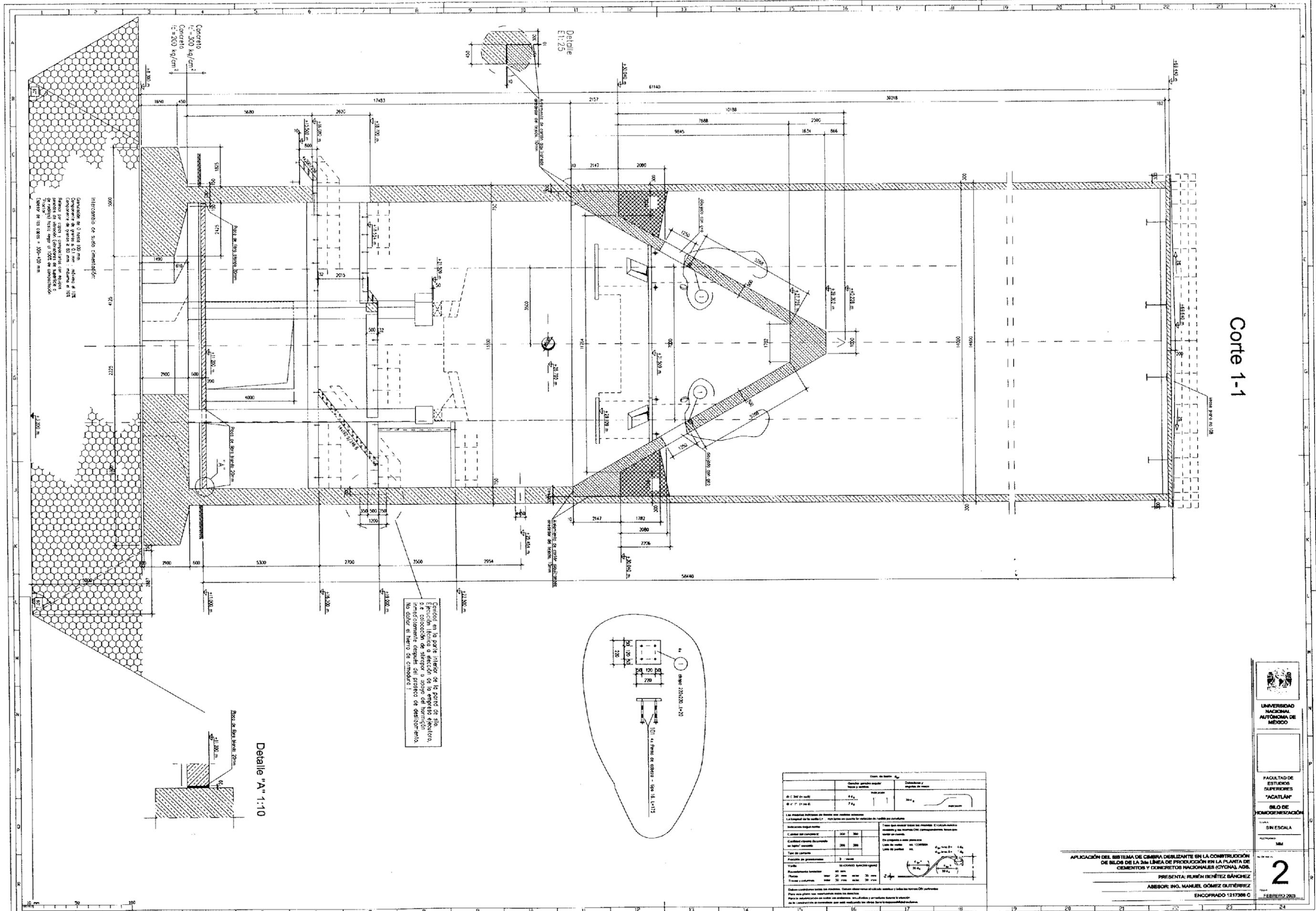
*Glosario*

---

**Tubo tremi:** tubo de diámetro y longitud variable utilizado para el vaciado de concreto .

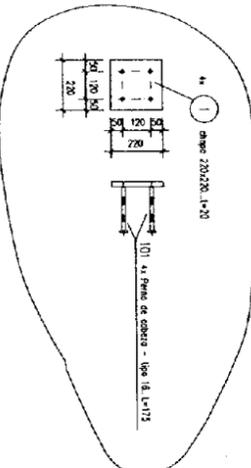
**Yugo:** elementos horizontales que forman parte del sistema de izaje que están unidas a las piernas para formar parte del marco rígido que izara al molde.





Corte 1-1

Conocer en la parte interior de la pared de concreto la colocación de alambres a modo de armadura. No dejar el hierro de cimbrado!



Clase de acero $A_{st}$		Distribución y espaciamiento de barras	
Clasificación según norma y símbolo	Indicación	Indicación	
$\Phi$ 12 (n.º 1)	$A_{st}$	$3A_{st}$	Indicación
$\Phi$ 16 (n.º 2)	$A_{st}$	$7A_{st}$	Indicación

Las medidas indicadas de barras son medidas nominales		Las barras se cortarán en función de las medidas de diseño por construcción	
La longitud de la varilla $L_d$ - Hay barras en función de las medidas de diseño por construcción		Las barras se cortarán en función de las medidas de diseño por construcción	
Indicación según norma		Indicación según norma	
Cantidad por elemento	200 200	Cantidad por elemento	200 200
Cantidad de barras	200 200	Cantidad de barras	200 200
Indicación según norma		Indicación según norma	
Indicación según norma		Indicación según norma	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ACATLÁN"

BILO DE HOMOGENEIZACIÓN

SIN ESCALA

MM

2

ENCOPRADO 1217308 C

FEBRERO 2003

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN DESLIZANTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE BLOES DE LA 2da LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES (CYCNA) A.G.S.

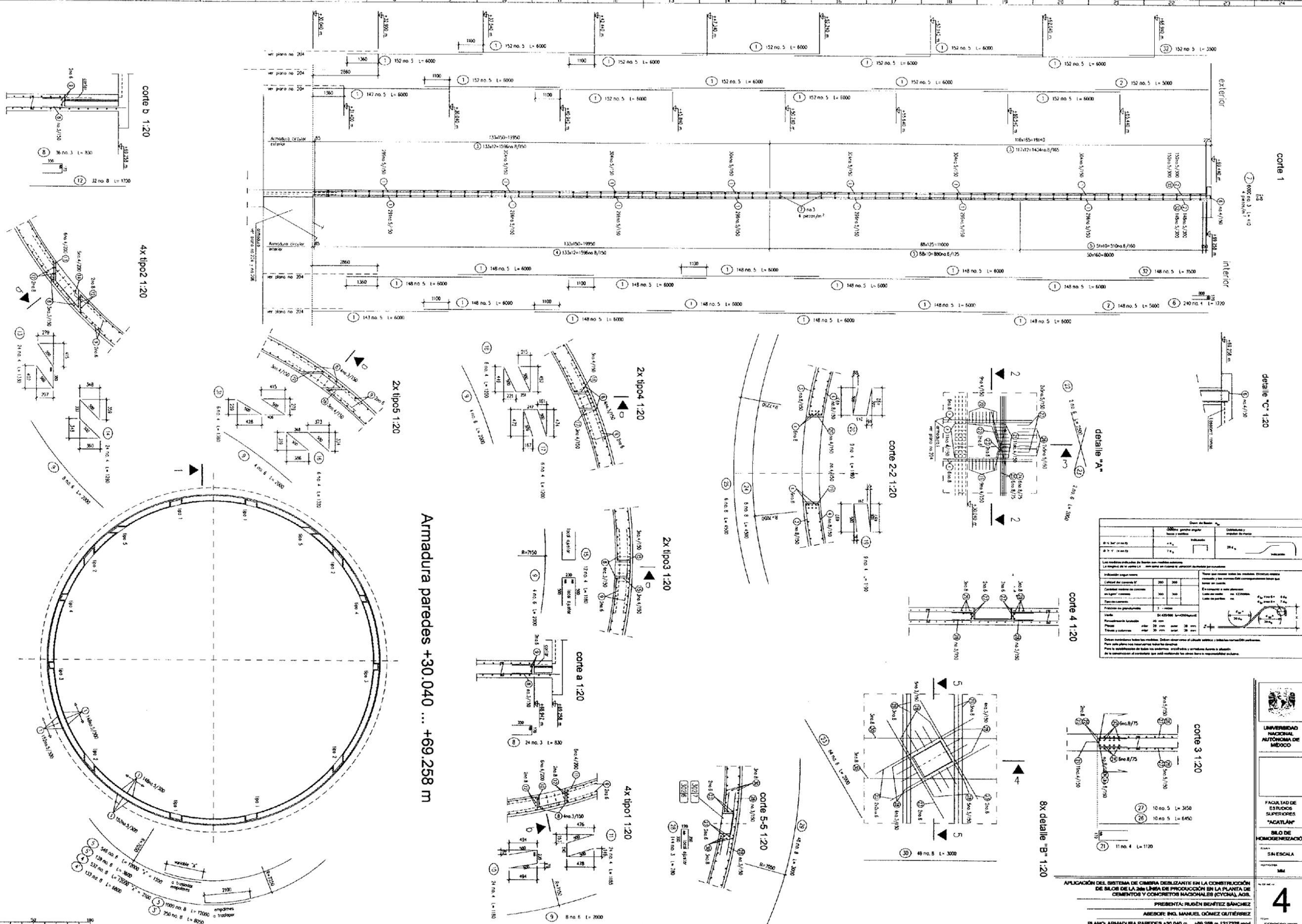
PRESENTA: RUBÉN BÉNÉZ GÓMEZ

ASESOR: ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ

ENCOPRADO 1217308 C

FEBRERO 2003





Armadura paredes +30.040 ... +69.258 m

Datos de Bloque		Distribución y	
Tipo y nombre		Indicador de fuerza	
B x H x T en cm	24 x 24 x 24	Indicador	Indicador
<p>Los módulos indicados de bloques son modulos estandarizados.</p> <p>La longitud de la junta L<sub>j</sub> debe ser igual o mayor a la longitud de desarrollo por resistencia.</p>			
Indicador angular		<p>Tipos con indicación de modulos. Estructuras estandarizadas y no estandarizadas correspondientes a las que se indican en los planos.</p>	
Capacidad de carga en kN	300	Capacidad de carga en kN	300
Capacidad de carga en kN/m	300	Capacidad de carga en kN/m	300
Tipos de bloques	1	Tipos de bloques	1
Protección en generalizada	1	Protección en generalizada	1
<p>Verificar condiciones de todos los módulos. Deben observarse el cuidado de calidad e indicar la norma DIN aplicable.</p> <p>Para una planeación más detallada, consulte el manual de especificaciones de bloques de concreto.</p> <p>Para la sustitución de todos los módulos, consulte el manual de especificaciones de bloques de concreto.</p> <p>De la construcción de cualquier que sea, el autor se responsabiliza.</p>			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ACATLÁN"

SILO DE HOMOGENEIZACIÓN

SIN ESCALA

MM

**4**

FEBRERO 2003

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CUBRA DESLIZANTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE SILOS DE LA 3da LINEA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE CEMENTOS Y CONCRETOS NACIONALES (CYCNAL) AGS.

PRESENTA: RUBÉN BÉNTEZ SÁNCHEZ

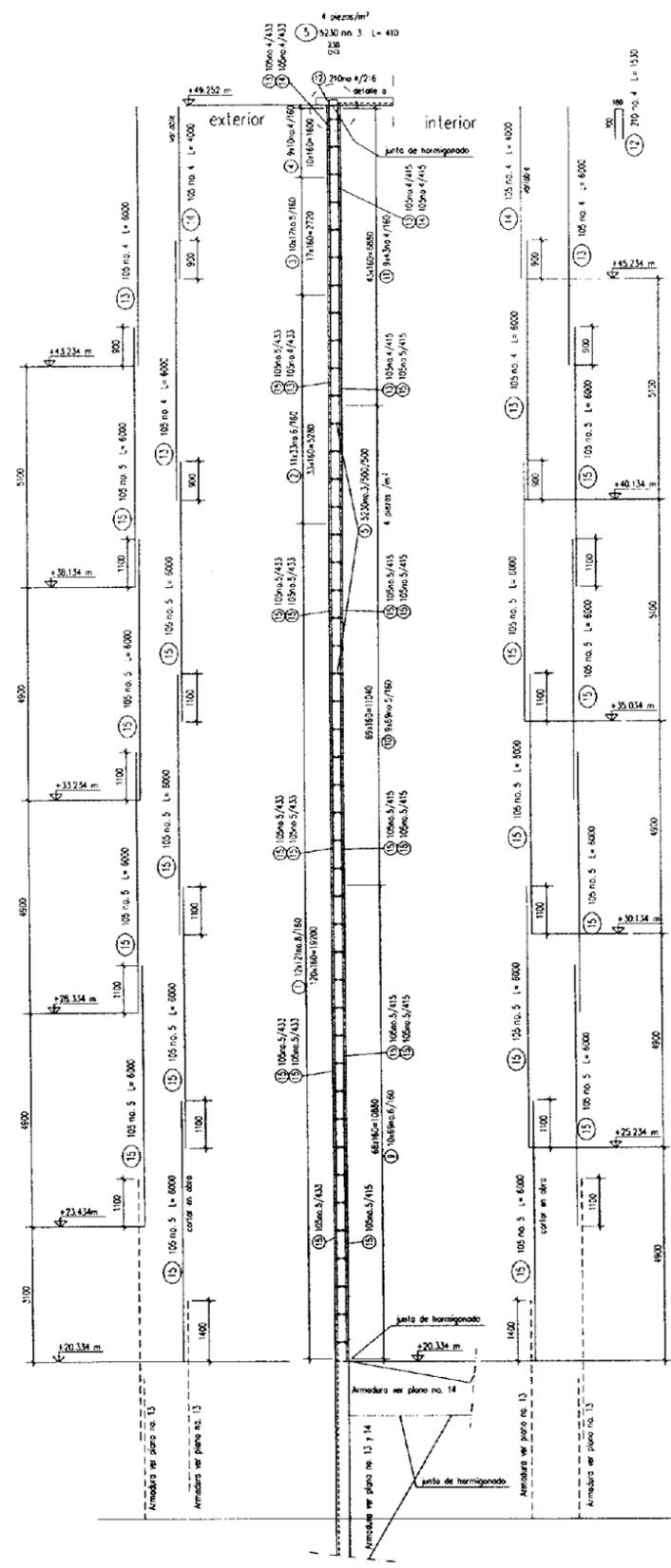
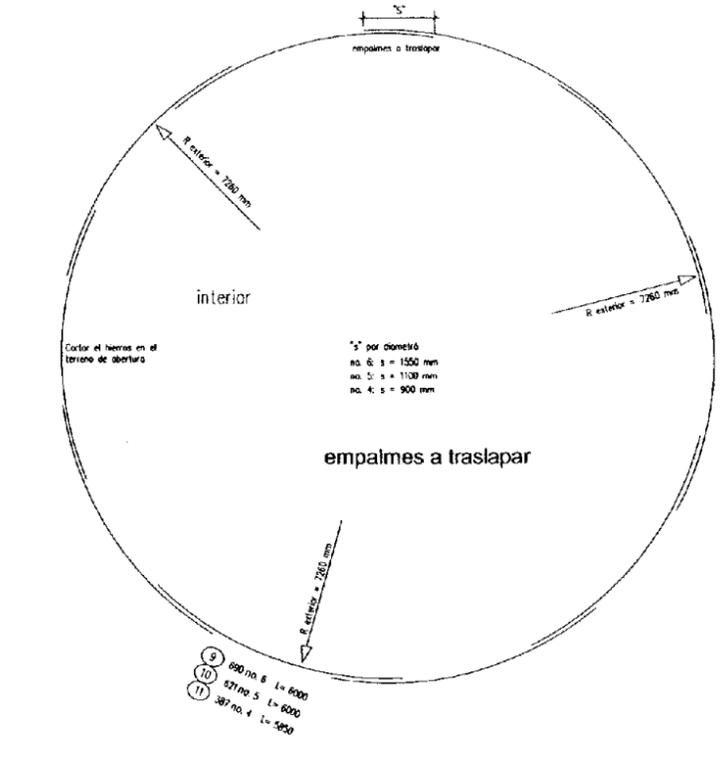
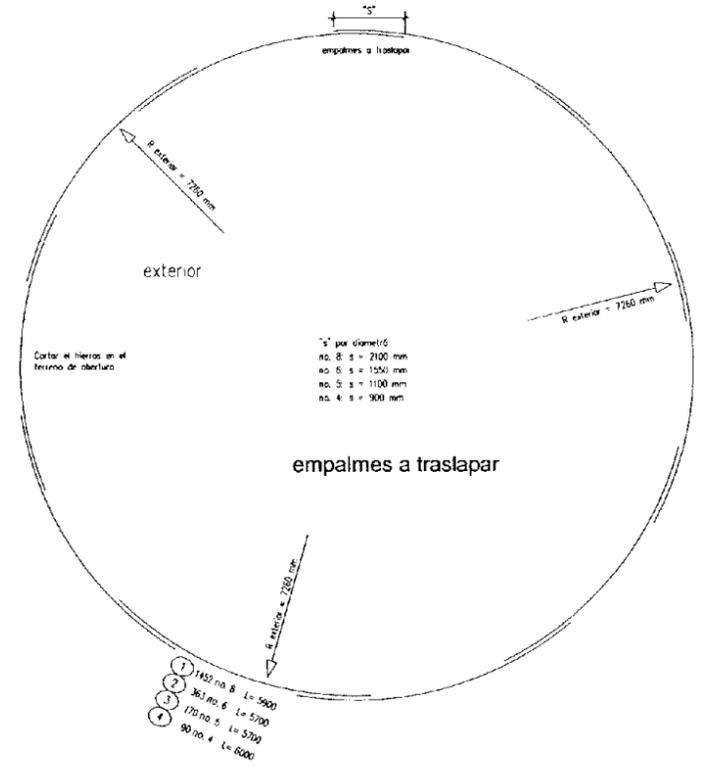
ASESOR: ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ

PLANO: ARMADURA PAREDES +30.040 m ... +69.258 m 121776 mod

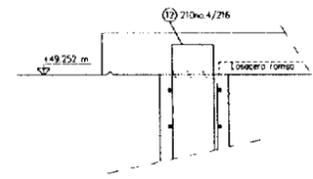




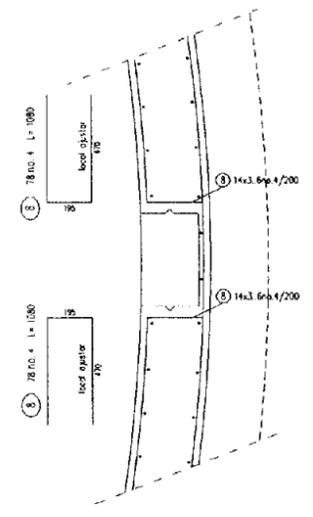
Armadura de paredes +20.334 m ... 49.252 m



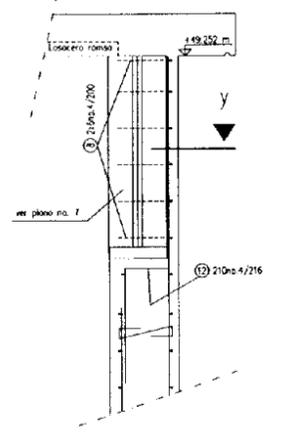
detalle a 1:10



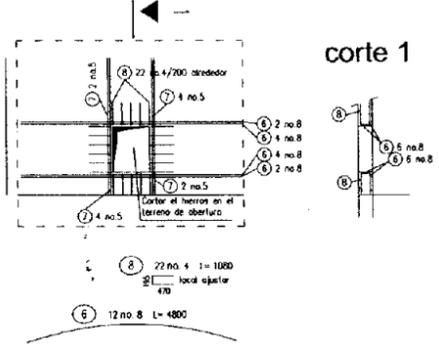
Corte y 1:10



Corte tipico 1:10



corte 1

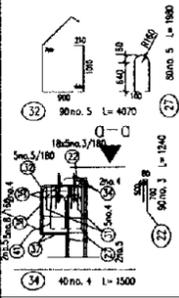


Datos de la obra		Datos de la obra	
Nombre del proyecto	Armadura de paredes	Dibujante	Manuel Gómez Gutiérrez
Escala	1:10	Fecha	20/07/2007
Plantel	UNAM - ICA	Proyecto	SILOES DE CEMENTO
Plantel	UNAM - ICA	Plantel	UNAM - ICA
Plantel	UNAM - ICA	Plantel	UNAM - ICA
Plantel	UNAM - ICA	Plantel	UNAM - ICA

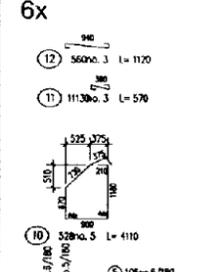
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ACATLÁN"  
 SILOS DE CEMENTO  
 SIN ESCALA  
**7**  
 JULIO 2007



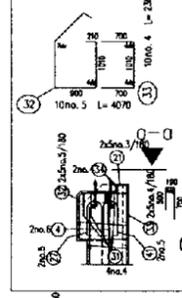
18x Detalle A



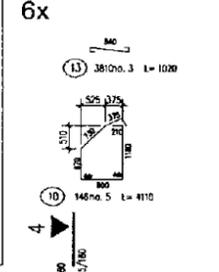
Corte 1-1  
6x



2x Detalle B



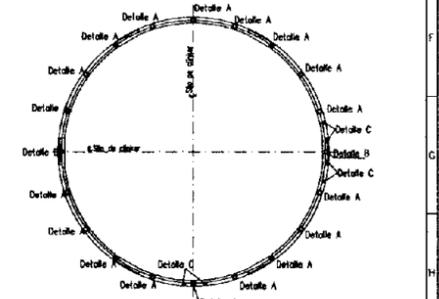
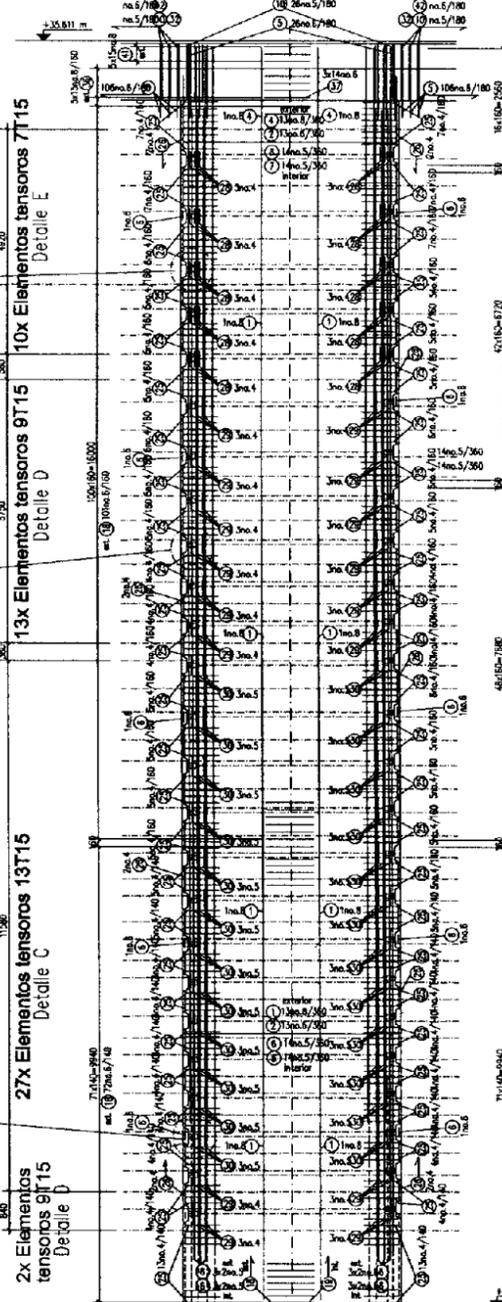
Corte 2-2  
6x



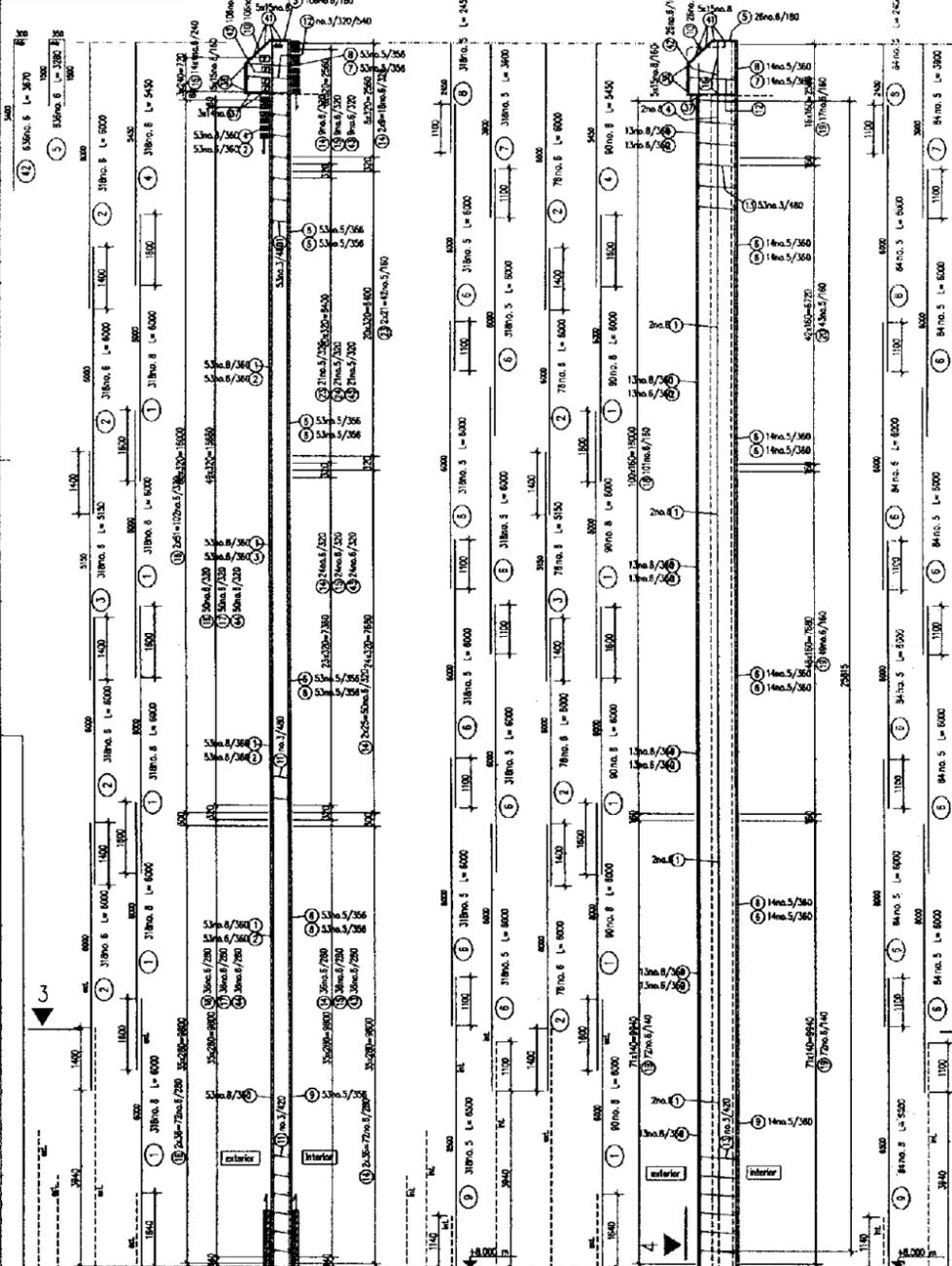
Corte 3-3  
6x



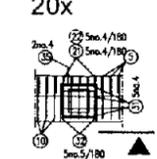
6x Corte 4-4  
Contrafuera por pretensado  
tipico



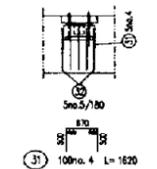
Armadura por encofrado deslizante



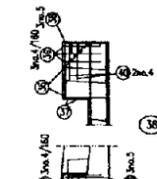
Vista a-a  
20x



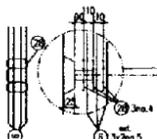
Corte b-b



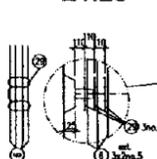
6x Detalle C



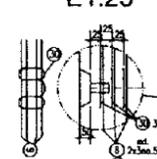
60x Detalle E  
E1:25



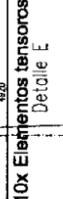
96x Detalle D  
E1:25



144x Detalle C  
E1:25



10x Elementos tensores 9T15  
Detalle E



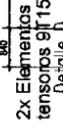
13x Elementos tensores 9T15  
Detalle D



27x Elementos tensores 13T15  
Detalle C



2x Elementos tensores 9T15  
Detalle D



Datos generales		Cálculos y resultados	
Nombre del proyecto	...	Fecha de cálculo	...
Nombre del autor	...	Nombre del revisor	...
Fecha de cálculo	...	Nombre del diseñador	...
Fecha de revisión	...	Nombre del verificador	...
Fecha de aprobación	...	Nombre del supervisor	...

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ACATLÁN"

SEDE DE CLINKER

SP ESCALA