

141  
2 Ecu



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CONSTRUCCION DE UNA BATERIA DE SILOS CON EL  
METODO DE CIMBRA DESLIZANTE**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**I N G E N I E R O C I V I L .**

P r e s e n t a :

**RAUL PANIAHUA ORTA**

México, D. F.

1985



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 está 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.

CONSTRUCCION DE UNA BATERIA DE SILOS  
CON EL METODO DE CIMBRA DESLIZANTE

INDICE

- I. GENERALIDADES
  - I.1 Introducción
  - I.2 Descripción del proyecto
  - I.3 Aplicaciones de la cimbra deslizante
  
- II. LA CIMBRA DESLIZANTE
  - II.1 Su composición
    - II.1.1 Cimbra
    - II.1.2 Yugos
  - II.2 Equipo hidráulico
  - II.3 Diseño para el proyecto
    - II.3.1 Generalidades de diseño para una cimbra deslizante
    - II.3.2 Determinación de necesidades para el proyecto
  
- III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
  - III.1 Análisis de alternativas
  - III.2 Programación de la obra
    - III.2.1 Concreto
    - III.2.2 Acero
    - III.2.3 Personal
    - III.2.4 Vaciado inicial
  - III.3 Ejecución y control
  - III.4 Costos
  
- IV. CONCLUSIONES
- V. BIBLIOGRAFIA

## I. GENERALIDADES

### I.1 INTRODUCCION

La tendencia natural de un procedimiento constructivo es la eficiencia, y ésta es definida dependiendo del factor primordial para el que esté destinada. En estos tiempos existen dos factores que rigen la mayoría de los conceptos en los que se califica la bondad de un procedimiento, y no tan sólo de éste, sino aún de muchas otras cosas. El tiempo y el costo; dos conceptos que están en la construcción, como en tantas otras materias íntimamente ligados y que en la mayoría de los casos son los que definen los matices principales de un procedimiento constructivo.

Dadas estas necesidades en conceptos de cimbra para estructuras altas y de sección constante se ha venido desarrollando el sistema llamado "CIMBRA DESLIZANTE" cuyo funcionamiento consiste básicamente en una formaleta que se mantiene unida por medio de yugos que aparte de mantener las dimensiones constantes sirven de apoyo al equipo de izaje, el cual consiste en gatos que en un principio tuvieron un accionamiento mecánico y de éstos se han derivado distintos tipos de funcionamientos, estos gatos ejercen una acción de trepa por una barra comúnmente de acero que se ahoga en el concreto.

Esto permite que a un sólo molde se le dé una cantidad de usos que depende de la altura a que se pretende elevar la estructura pero que indiscutiblemente es mayor que

cualquier otra cimbra convencional.

En algunos casos la inversión inicial al ejecutar la formaleta y por el uso del equipo especializado es mayor que los materiales de una cimbra convencional, aunque claro, como anteriormente se menciona, la amortización de la cimbra es mayor en cuanto mayor es la cantidad de metros cuadrados deslizados. También puede acontecer que el personal necesario para la ejecución continua de los trabajos sea mayor que el ordinario. Sin embargo, el tiempo de ejecución es mínimo en comparación, y la abstención de la obra falsa es también importante. Además si hablamos en términos económicos, la obra ejecutada significa liquidez a la empresa y una más rápida utilización de la obra y por tanto una más rápida amortización de la inversión hecha por el cliente.

Todas estas afirmaciones permiten definir a la cimbra deslizando como un procedimiento actual que en algunos casos no aparece como una opción, sino como una necesidad, como lo explica por sí misma su utilización en una batería de silos, donde la superficie aproximada a deslizar es de 92,000 metros cuadrados, y en la cual cualquier otro procedimiento aparece como anacrónico y obsoleto dadas las características de este procedimiento.

Es el objeto de esta tesis describir el procedimiento en una obra que por sus dimensiones y su importancia en la economía del país resulta digna de una consideración especial, ya que la gran mayoría de los profesionistas en este ramo desconocen el funcionamiento de la cimbra deslizando,

puesto que debería de estar integrado en su formación, dado que debe ser una herramienta fundamental en su desempeño profesional. Además, el describir su procedimiento en su aplicación directa en una obra, permitirá observar la necesidad de una estricta programación de obra para lograr los objetivos propuestos, además de su uso como instrucción a los que les es nuevo el sistema descrito.

## I.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La obra en la que se aplicó el método de cimbra deslizante es una terminal portuaria para manejo de granos situada en la ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Estas instalaciones forman parte del puerto industrial que a la fecha está en construcción y que pretende ser uno de los más importantes del país, estando actualmente en operación un 30% del total; desde luego es un puerto de altura en el que estarán instaladas pocas empresas pero con una gran capacidad de producción, entre ellas están SICARTSA, FERTIMEX, CONASUPO, NKS y PMT. Estas dos últimas son coinversión japonesa en las que se producirá acero y tubería, respectivamente. (Fig. 1)

La terminal granelera descrita consta principalmente de un muelle, dos baterías de silos, con su torre de distribución y bodegas de almacenamiento, todo esto en una primera etapa, ya que a futuro se tiene una ampliación del muelle y la construcción de tres baterías de silos más similares a la de la figura 2.

La capacidad de la terminal es de 40,000 ton. en cada batería de silos, es decir que en su primera etapa, con una capacidad de 80,000 ton. podrá recibir el 10% de las necesidades de importación de granos en nuestro país y a futuro será el 25% con un método eficiente de carga y descarga.

Las instalaciones del conjunto contemplan la descarga del barco a la batería y la carga a camiones o ferrocarril,

así como todas las operaciones inversas, suponiendo que dadas las condiciones necesarias, el país pueda convertirse en exportador de granos. Lo que no está en las consideraciones del proyecto es la limpieza y el secado del producto, esto es, se infiere que el grano deberá estar listo para el envase

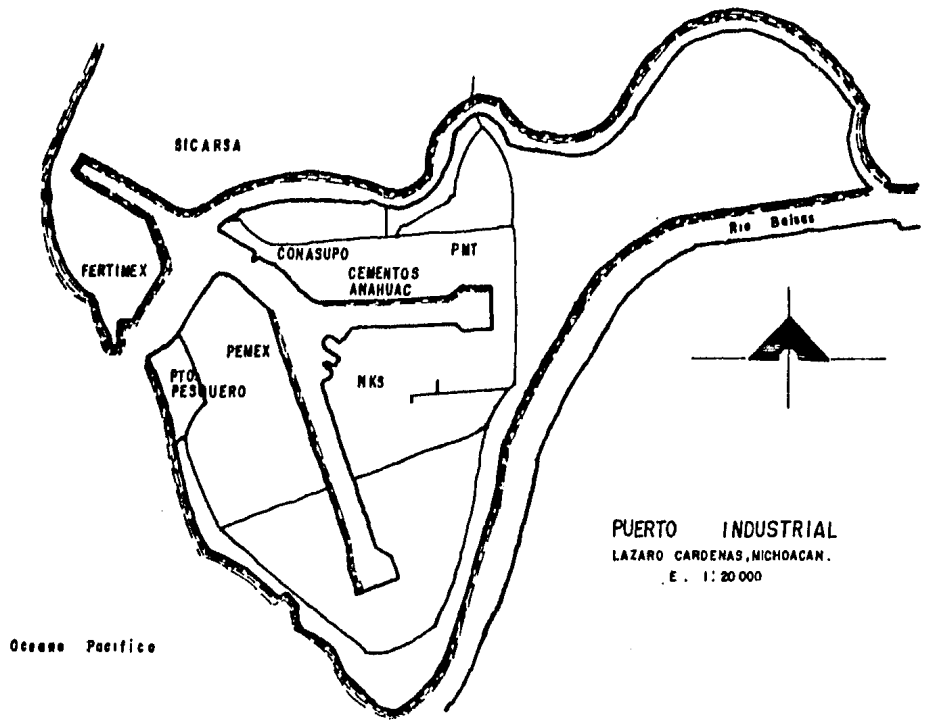


Fig. 1. Para realizar este puerto fue necesario expropiar sembradíos de copra en las islas de La Palma y El Cayacal, cuyas superficies aproximadamente suman 25,000 has., y en las que aparte del desmante y despalle se han tenido que hacer rellenos producto del dragado de las dársenas.



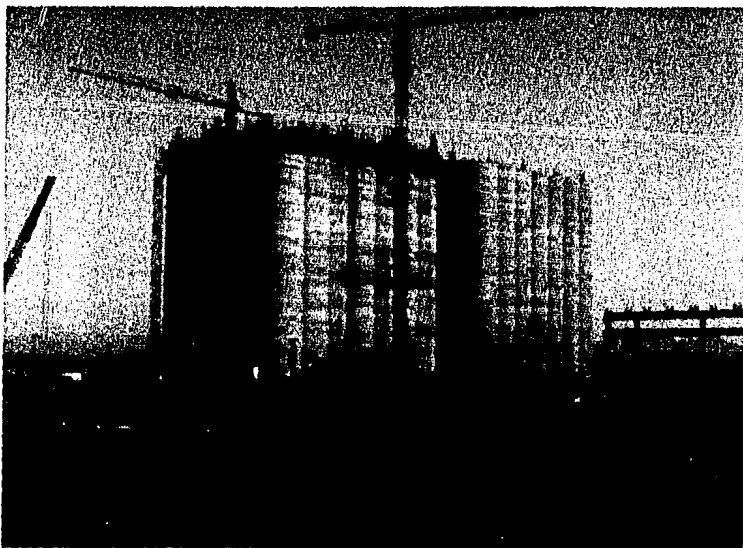


Figura 2

La capacidad antes mencionada se logra con doce silos de sección circular con un diámetro de 10m. y aprovechando los 9 volúmenes comprendidos en las uniones de éstos, además de los exteriores. Esto en total suma 12 silos, 9 inter silos y 12 extersilos. Todo este conjunto tiene una altura de 48.20 m., además, la torre de manejo contará con 79.60 m. de altura.

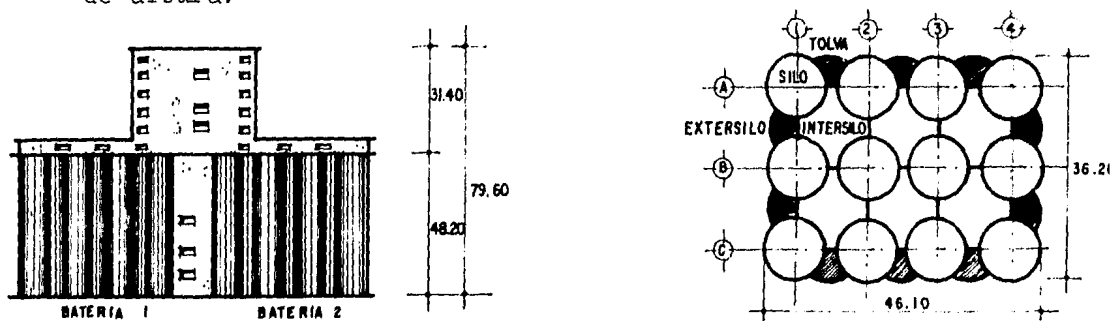


Figura 3

Para la realización de la obra hubo de hacerse una excavación preliminar para llegar al nivel del desplante; esto ocasionó la necesidad de instalar una red de bombeo 24 horas para abatir el nivel freático, ya que el nivel de desplante propuesto para la cimentación queda bajo el nivel del mar. Una vez efectuado se procedió a colar la cimentación que consta de una losa de 2.2 m. de peralte, después de lo cual se suspendió el bombeo excepto en la zona aledaña al edificio central. Todo el conjunto está apoyado en pilas de 0.90 m. de diámetro.

La fabricación del molde comenzó a hacerse en talleres especializados con un mes de anticipación, con el objeto de que en obra se montara la cimbra en el tiempo mínimo, así de esta manera se lograba realizar la primera batería en un tiempo de 10 semanas.

Debido a las características del proyecto, la cimbra deslizante estaba en posibilidades de usarse una segunda vez, ya que ambas baterías son idénticas, por lo que se programó desmontar la cimbra con la ayuda de grúas torre que durante el deslizado habrían de subir el acero a la plataforma de trabajo y colocar el molde sin demora de tiempo exceptuando una mínima parte de rehabilitación.

El proyecto contemplaba la construcción de una losa tapa de concreto de 0.40 m. de espesor, lo que planteaba la necesidad de una obra falsa, pero se evitó ésta reforzando las armaduras de rigidización propias de la cimbra deslizante

para que, de este modo, al llegar al nivel de la losa, la cimbra se troquelara y se comenzaran los trabajos de la losa tapa de silos.

### I.3 APLICACIONES DE LA CIMBRA DESLIZANTE

Las primeras cimbras deslizantes aparecen en Europa casi a principio de siglo y con características semejantes a las que se emplean actualmente. El principio de izaje, se ha mantenido básicamente, y claro está, debido al avance tecnológico de esta centuria se han ido incorporando mejoras al equipo que incluso contemplan otros usos tales como el izaje de cargas pesadas simultáneamente al deslizado.

En México se comenzó a emplear este sistema en el año de 1930 y como primer equipo se utilizaron gatos mecánicos; ahora existen también los de tipo hidráulico, neumático y eléctrico, siendo los hidráulicos los que reportan mejores rendimientos y más facilidad en el manejo. De éstos se fabrican en diversos países tales como Inglaterra, Francia y Suecia principalmente, que en principio es el mismo funcionamiento pero con algunas características que a veces reflejan el pensamiento del constructor, por ejemplo, los franceses contemplan un sistema de accionamiento manual, en tanto los suecos lo eliminan aduciendo la escasa posibilidad de falla.

Las aplicaciones posibles de la cimbra deslizante son prácticamente ilimitadas, aunque en principio el sistema está conceptualizado para efectuar estructuras altas de sección constante, se pueden realizar con escasas modificaciones cambios de sección, de espesor y en algunos casos con accionamientos más sofisticados, cambios de inclinación con

jugados con cambios de sección y espesor, casos típicos de esto último son las chimeneas de sección troncocónica.

Por mencionar algunas obras ejecutadas se pueden señalar desde las más sencillas tales como cubos de elevadores, tanques para agua, hasta aquellos donde las magnitudes de los conceptos a manejar se vuelven grandiosos, como pilas para puentes, silos, o bien obras que por su altura son un reto al constructor: chimeneas, fosos, etc. En algunos casos el concepto primario de una cimbra formada por dos costados y empujada por unos gatos se transforma a una superficie de contacto y jalada con un sistema en casos como - lumbreras o revestimiento de torres de oscilación y aún más, se puede desprender la suposición básica de ser una obra vertical al deslizar los muros de una rama inclinada en un proyecto hidroeléctrico o bien conjugados los dos últimos factores realizando el recubrimiento de una cortina aplicando el sistema en franjas repetitivas.

Es necesario que para manejar el sistema deba contarse con una compañía especializada que además de proporcionar el equipo hidráulico, realice la ingeniería del proyecto y la asesoría antes y durante los trabajos, ya que desgraciadamente, el sistema de trabajo y los requerimientos necesarios son poco conocidos.

Las ventajas que ofrece el sistema son múltiples y todas ellas significativas, por ejemplo, se puede contar con un colado monolítico en un tiempo mínimo, el personal

que labora en los trabajos demuestra un rendimiento superior al realizado por los métodos convencionales, se trabaja con concreto normal y además que considero lo más importante, se evita la obra falsa para el cimbrado de los muros y en muchos casos ,como éste en que se presenta una losa tapa a una altura difícil para cimbrar con los métodos convencionales se puede aprovechar la plataforma en la que se trabajó en el deslizado, como obra falsa, repercutiendo en los costos de la cimbra horizontal de una manera importante.

Estos factores hacen aparecer a la cimbra deslizante en muchos casos, no como alternativa del procedimiento constructivo, sino como el único medio de realización de las obras verticales más importantes.

## II. LA CIMBRA DESLIZANTE

### II.1 SU COMPOSICION

La formaleta o molde en su concepción original está diseñada para usarse en un solo proyecto, ya que cada molde se realiza con las medidas exactas y a escala real del trabajo a ejecutar, y es ésta condición la que determina el emplear los materiales una sola vez, ya que teóricamente la cantidad de metros lineales que puede recorrer la cimbra es tá únicamente determinada por la fricción entre concreto y cimbra.

La cimbra deslizante consta básicamente de la cimbra propiamente dicha, los elementos de sujeción, armaduras de rigidez y equipo hidráulico.

## II.1.1 CIMBRA

Los tableros se pueden realizar en madera o hacerlos metálicos, la opción se define en base al proyecto, es decir, cuando la sección a ejecutar presenta numerosas curvas es preferible hacer el molde en madera dada la facilidad del trabajo, no obstante el hacer tableros metálicos proporciona un acabado más terso pero el tiempo de ejecución se extiende en demasía.

Por ejemplo, si se pretende aplicar el método de cimbra deslizante con una sección rectangular vgr. un cubo de elevadores o un edificio, la aplicación de la cimbra metálica es indiscutible, ya que se forman tableros consistentes en un bastidos de ángulo (normalmente  $2\frac{1}{2}$ " ) forrado con lámina ( $1/16$ " ) y apoyos para los yugos, con lo que la modulación es exacta y el tiempo de fabricación del molde comparable a una cimbra de madera.

Aún así, el empleo de cimbra de madera es el más generalizado dado el costo de ésta, además que no se sacrifica la calidad al emplearla, pues el acabado final se da conforme se presenta la superficie al salir del molde.

La cimbra de madera está conformada por la superficie de contacto y por dos largueros, los cuales tienen como función rigidizar en el sentido horizontal la cimbra y dar continuidad a los tableros.



La superficie de contacto consta de duela machihembrada (Figura 4) de  $1\frac{1}{4}$ " de espesor. El machihembrado permite la unión perfecta de las duelas y en su caso poder dar formas curvas al molde, sucediendo al entrar en contacto con el concreto una hinchazón en la madera y un sellado a la posible pérdida de agua. En ocasiones es también usado triplay de pino, pero este material presenta deformaciones intolerables, aún cuando se proteja con materiales impermeables.

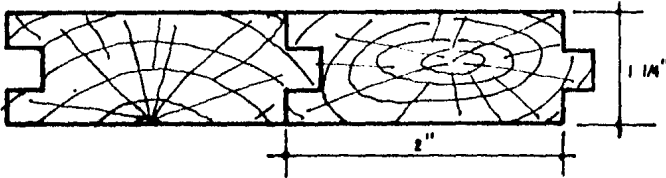


Figura 4

La duela es usualmente estufada por el método de hervirla en combustible diesel, pero también se acostumbra suplir el estufado por un recubrimiento de pintura epóxica y posteriormente la aplicación de resina, de este modo se logra una superficie impermeable. Existen otros métodos tales como la aplicación de fibra de vidrio, pero cada uno presenta dificultades que no los hacen eficientes.

La rigidización en el sentido horizontal se logra por medio de unos largueros también de madera, el espesor varía entre  $1\frac{1}{2}$ " y 2" colocados en la parte superior e inferior de la duela en grupos de 3 (Figura 5).

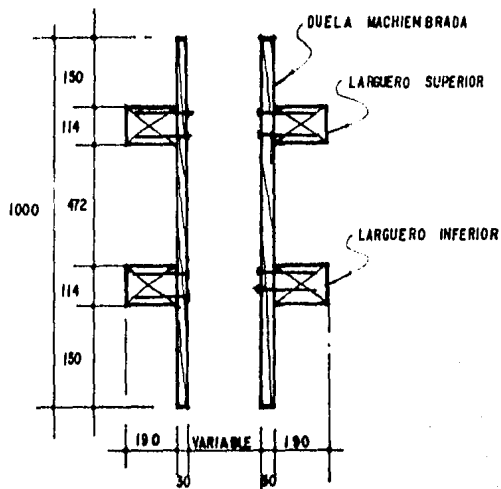


Figura 5

Estos largueros van clavados a la dueña con clavo rolando o tornillo de golpe, lo que evita el desprendimiento del tablero.

La cimbra por su necesidad de exactitud no es recomendable que se ejecute en la obra, por tanto el molde ya concluido ha de transportarse a la obra, para tal efecto la cimbra se modula en tableros de aproximadamente 1.20 m. lo que facilita su maniobra y estiba, de este modo los largueros sirven además de unión a los tableros con una pequeña modificación, y la unión de los traslapes se efectúa por medio de tornillos de  $5\frac{1}{2}$ " x  $\frac{1}{2}$ ", teniendo como resultado un ensamble idéntico al del taller de fabricación.

También se hace necesaria una rigidización mayor en

todos los cambios bruscos de dirección, lo que se logra por medio de placas de acero donde también se aloja la tornillería.

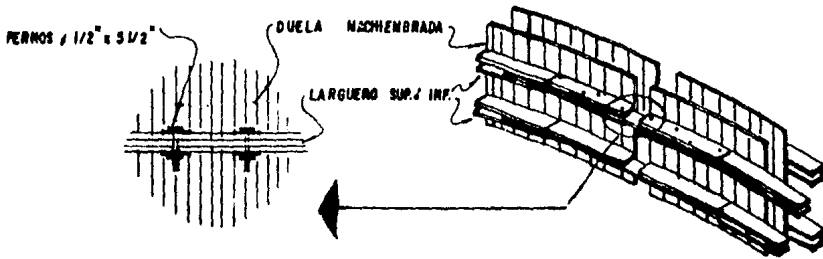


Figura 6

La altura de la cimbra es de 1.00 m., dimensión que resulta de tomar en cuenta el tiempo de fraguado del concreto, esto es, se considera que el concreto al salir del molde haya presentado un fraguado inicial que le permita permanecer en la dimensión final especificada, esto en sentido estricto se define por las condiciones climáticas y por el tipo de cemento a utilizar, que hace que en algunos casos esta dimensión se prolongue a 1.20 o se reduzca hasta 0.90 m.

Se ha calculado que no existe necesidad de usar un cemento de resistencia rápida o un aditivo acelerante además que no se considera un curado del concreto, puesto que el concreto al estar en el molde evita la pérdida excesiva de humedad, fenómeno que se acentúa con el efecto del colado continuo.

La cimbra por condiciones de trabajo debe tener un desplome de 1% para que el concreto al colocarse en la parte superior logre un acomodo por medio del vibrado y en el momento de presentarse el fraguado inicial esté en ese momento a la mitad, esto es, justo en la dimensión correcta, permitiendo con el desplome final que la cimbra reduzca su esfuerzo por fricción (Figura 7)

## II.1.2. YUGOS

Una vez armados los juegos de cimbra exterior e interior, la unión entre ambos se logra por medio de yugos. Estos al principio se hicieron de la misma madera,

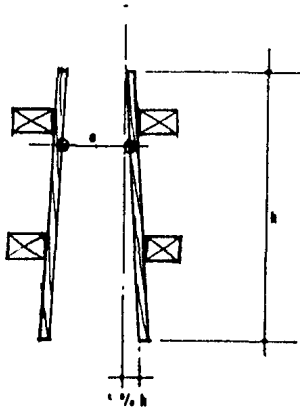
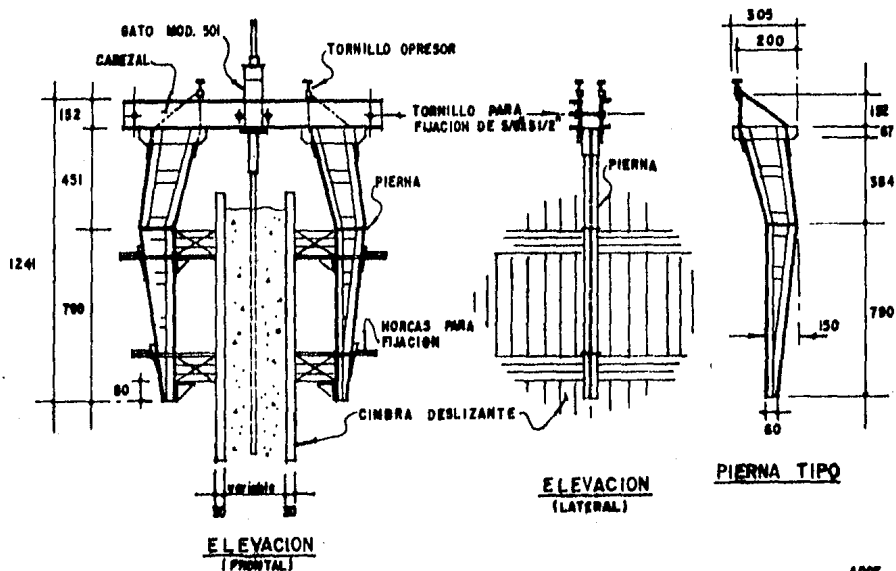


Figura 7

pero actualmente se ocupan yugos metálicos, que permiten unir mayores longitudes de cimbra y hacen más fácil el acoplamiento entre sus miembros. Estos miembros de los yugos son dos piernas (una en cada cara) y un cabezal de unión formado por dos canales espalda con espalda.

Las piernas son elementos que se apoyan en los largueros y que proporcionan la unión vertical con el gato hidráulico los fanales generan el apoyo del equipo hidráulico y la unión entre yugos.

Estos miembros deben tener una fabricación muy detallada, ya que sus dimensiones pueden repercutir en deformaciones en la cimbra.



ADOT. EN MM.

Figura 8

La conformación del elemento es la siguiente: En los ángulos de apoyo se montan los largueros de la cimbra, con esto se cuenta la transmisión del empuje de los gatos a la cimbra. Las piernas se unen por un juego de canales que se sujetan con el tornillo opresor y con los tornillos transversales garantizando con éste el trabajo uniforme del yugo. Entre las canales y las piernas se alojará el gato

hidráulico que se apoya en la parte inferior de la canal y que se sujeta con dos placas de apoyo.

El claro libre entre la parte superior de la cimbra y el patín inferior de la canal es de 40 cm. y es el espacio en el que el personal de colocación del acero de refuerzo irá conforme se desplaza la cimbra amarrando el acero horizontal del elemento.

La rigidización de la cimbra interior se efectúa por medio de armaduras de acero estructural, comúnmente ángulo apoyado en los largueros de la cimbra. Estas armaduras tienen por objeto evitar las deformaciones de la sección inicial y ayudar a la transmisión del empuje vertical, además proporcionan el apoyo de la plataforma de trabajo que usualmente se hace con un forro de madera de modo que soporte las cargas vivas durante los trabajos del deslizado (Figura 9).

La distancia a que se separan los yugos está definida en primera instancia por la capacidad del equipo hidráulico, que en base a ser normalmente y el más usual de 3 ton., se hace una práctica, demostrada en la realidad, espaciar los yugos entre 1.5 y 2.0 metros.

Bajo la plataforma de trabajo se colocan hamacas con un piso provisional a lo largo del desarrollo de la cimbra, en el cual se alojan los oficiales que resanarán el concreto conforme sea expuesto, en algunos casos ese acabado es mínimo ya que se cumplen las condiciones requeridas y al

establecerse una cadencia apropiada, el concreto resulta con un acabado terso, sin embargo, las más de las veces existen mínimos resanes para lograr un acabado aceptable.

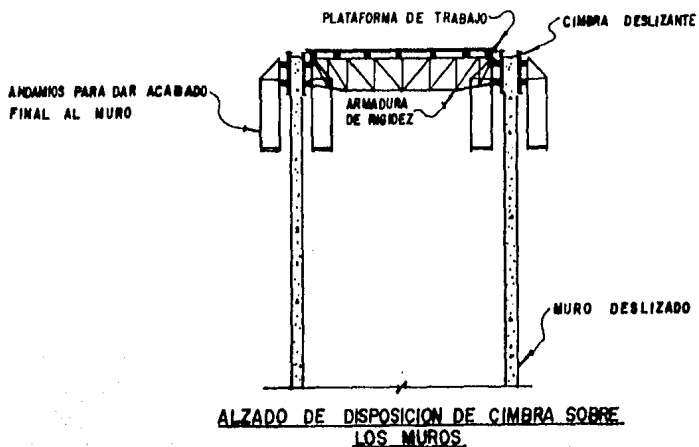


Figura 9



## II.2 EQUIPO HIDRAULICO

El equipo hidráulico de elevamiento para cimbras deslizantes se basa en tres componentes o elementos elevadores principales, el gato liviano con una capacidad normal de elevación de 3 ton., el mediano de 6 ton. y el gato pesado con una capacidad de 22 ton.

Los gatos ascienden por vastagos o tubos de acero con un diámetro de 25, 32 y 72 mm. respectivamente, por medio de piezas dentadas. Todos tienen el mismo golpe de elevación de 25 mm. y funcionan con la misma presión de aceite, lo que significa que estos gatos pueden ser usados simultáneamente agrupados o mezclados en un proyecto de cimbra deslizante.

El sistema de trepa como se mencionó, es a base de piezas dentadas que semejan un cono truncado (Figura 10), contenidas en una recámara de forma similar, lo que provoca un autobloqueo hacia abajo, permitiendo un paso libre hacia arriba, estas piezas existen en el gato en pares, una en la parte superior y otra en la inferior, la primera fija y la segunda integrada al pistón con presión de aceite, esto provoca lo que se muestra en la figura 10.

La posición 1 muestra el gato en su posición normal. La posición 2 acontece cuando el juego dentado superior bloquea la barra de apoyo y es suministrada presión al pistón, provocando que el cuerpo del gato se eleve y el juego infe-

rior corra libremente, acto seguido en la posición 3 el juego inferior ejerce el bloqueo permitiendo que el superior regrese a la posición original.

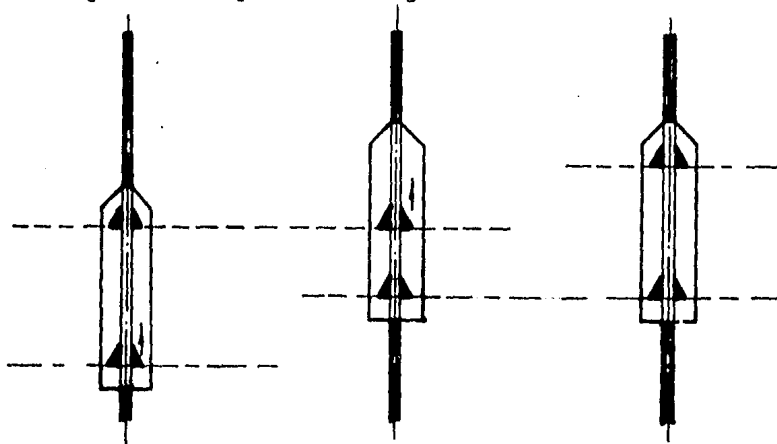
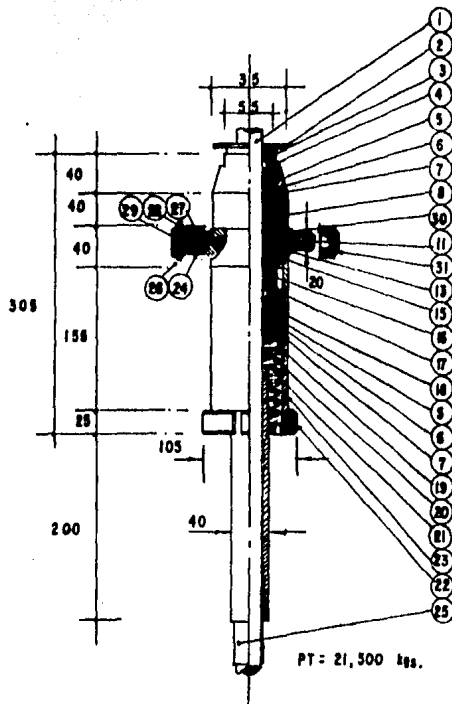


Figura 10

El accionamiento de los gatos en sus diferentes capacidades es similar, por tanto se presenta un esquema de el de 3 toneladas. (Figura 11)

El gato de 6 toneladas se usa indistintamente en los deslizados; el de 22 toneladas aunque es normal su uso en deslizados, es necesaria una segunda plataforma de trabajo formada por vigas de acero, de modo que el gato ejerce una acción de jalar la cimbra que cuelga de la plataforma donde se alojan los gatos, en tanto que los gatos pequeños empujan la cimbra en su acción de izaje.



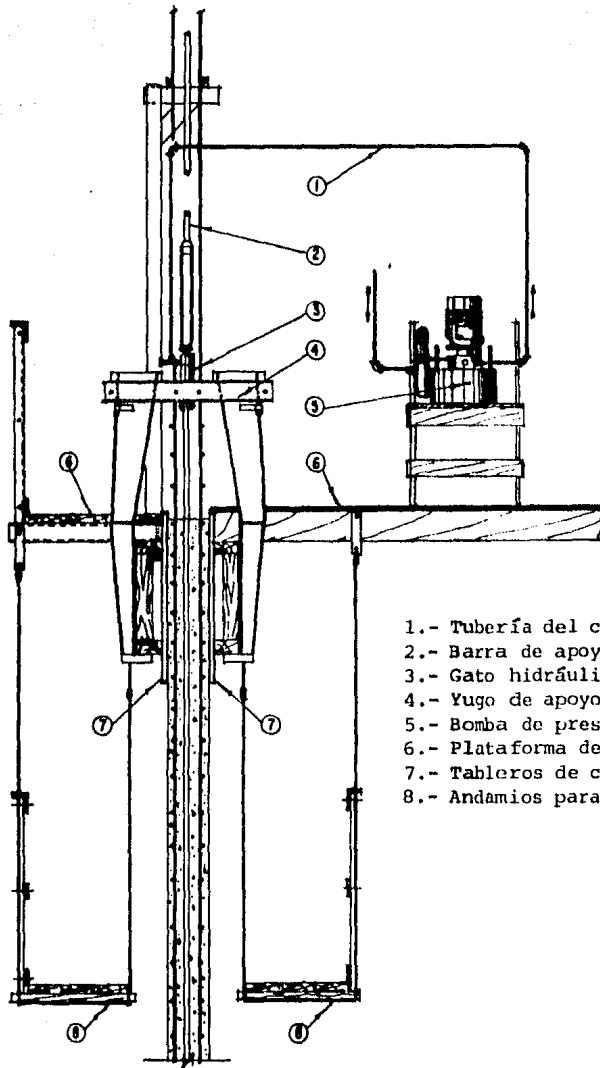
ESQUEMA DEL CUERPO DE UN GATO HIDRAULICO  
(TIPO 501) Y SUS PRINCIPALES COMPONENTES.

ACOT. EN MM.

Figura 11

PRINCIPALES COMPONENTES DE UN  
GATO HIDRAULICO DE 3 TON.

- 1) Barra de apoyo
- 2) Rondana
- 3) Anillo guía
- 4) Cabeza de gato
- 5) Muela de gato
- 6) Resorte para separación de muelas
- 7) Pasador para separación de muelas
- 8) Resorte recuperador
- 11) Manga guía
- 13) Resorte
- 15) Empaque de hule para pistón
- 16) Pistón
- 17) Tuerca de cierre
- 18) Pera de asientos de muelas
- 19) Resorte guía
- 20) Resorte
- 21) Resorte
- 22) Anillo de fondo
- 23) Cuerpo del gato
- 24) Conexión rápida
- 25) Manga para recuperación de tubo
- 26) Capuchón protector de plástico
- 27) Resorte
- 28) Empaque de aluminio
- 29) Balero
- 30) Caja del pistón



- 1.- Tubería del circuito hidráulico
- 2.- Barra de apoyo
- 3.- Gato hidráulico
- 4.- Yugo de apoyo.
- 5.- Bomba de presión.
- 6.- Plataforma de trabajo.
- 7.- Tableros de cimbra.
- 8.- Andamios para acabado.

Figura 13. Esquema de colocación del equipo de cimbra deslizante.

La segunda plataforma sirve como rigidización y como apoyo para la colocación de acero vertical, sin embargo resulta de elevado costo; en algunos casos se presentan trabajos de deslizar a la vez de elevar cargas pesadas que requieren una gran potencia de izaje, tales como vigas para soporte de losas y es en este caso donde se requieren los gatos de trabajo pesado, además que para su empleo se requiere que la sección de concreto en donde ha de alojar la barra de 72 mm. tenga el suficiente espesor para confinarla.

Existen otras variedades de gatos, tales como los que emplean cables en vez de barra o de trabajo pesado, pero en realidad su acción en deslizados está limitada por circunstancias específicas.

El circuito hidráulico comprende además de los gatos, la red de presión, la bomba, y los dispositivos de cierre en cada gato.

La bomba de presión tiene una capacidad de 20 litros y una presión de trabajo de  $100 \text{ Kg/cm}^2$ , esto proporciona aproximadamente trabajo para 40 gatos de 3 toneladas, estas bombas pueden usarse en paralelo de manera que aumente su capacidad o bien usar otro tipo de bomba que puede ser de 65 litros y un gasto de 17 l/min. con un motor de 7.5 hp.

La bomba se une a la red de presión que usualmente es de tubería de acero, aunque en la práctica se ha visto que las uniones de tubería presentan deficiencias y fugas, por lo que se han sustituido con mangueras de alta presión, consistentes en un conducto recubierto por dos mallas de acero. La conexión de la manguera con el gato se hace por medio de una tee de acero y una válvula de paso, ésta última tiene por objeto cerrar el paso de presión en los momentos que un gato no requiera el impulso de presión.

La barra de apoyo en los gatos de 3 toneladas como se mencionó es de 1 pulgada de espesor, siendo tubo CEDULA 40 con una longitud de 3.2 m. y roscado en las puntas para ser traslapado con un birlo.

Esta barra se protege de la acción de adherencia del concreto por medio de una camisa de acero adaptada a la cola del gato, cuya longitud es de 1.00 m. o sea la longitud de la cimbra, en la certeza de que el concreto al salir del molde está fraguado, y por tanto queda una holgura del espesor de la camisa, pretendiendo con esto que la barra de apoyo sea recuperable de forma manual al término del trabajo.

## II.3 DISEÑO PARA EL PROYECTO

### II.3.1 GENERALIDADES DE DISEÑO PARA UNA CIMBRA DESLIZANTE

Principios relativos al cálculo de cimbras deslizantes.

En el cálculo de cimbras deslizantes, se requiere realizar dentro del conjunto una redistribución uniforme de aquellas solicitaciones a que son sometidas las distintas piezas que componen la cimbra, de manera que los yugos sean cargados uniformemente con cargas concentradas para así evitar que una solicitación sea exagerada.

La repartición debe hacerse de tal suerte que no exceda las especificaciones de diseño, que las cargas sean lo más uniforme que sea posible y que el total de las cargas no exceda la capacidad de izaje ni los esfuerzos admisibles en las barras de apoyo. Para distribuir los yugos hay que tomar en cuenta el flujo de personal y materiales.

Las cargas en las diferentes piezas de la cimbra, las especificaciones que se presentan y los dimensionamientos han sido calculados conforme a instrucciones y normas de vigor.

Las especificaciones, los coeficientes de seguridad y las deformaciones admisibles, son consideradas como para una construcción definitiva.



- a) Clasificación de cargas: Las cargas permisibles para la cimbra deslizante se dividen en 3 clases como se indica en la tabla 1.1
- b) Cálculo de tableros: Los tableros de la cimbra deslizante han sido calculados para resistir la acción combinada de cargas verticales y horizontales y son dimensionadas de tal manera que las secciones resistan los momentos flexionantes, y los esfuerzos cortantes de las cargas que los solicitan. Las deformaciones de los tableros son la acción de cargas inscritas dentro de los límites admisibles, de manera que no modifiquen las dimensiones de los elementos de concreto proyectadas, ni la inclinación prescrita por el diseño, en vista de asegurar un deslizado normal.

Las cargas de cálculo tomadas en consideración conforme a la clasificación que se menciona son las que provienen del peso propio de los tableros, de las plataformas de trabajo, así como las cargas de personal, materiales, máquinas e instalaciones y las cargas que son provocadas debido a la concentración en ciertas zonas de hombres o de materiales son evaluadas en función de la situación de cargas de la cimbra deslizante y bajo la base de los pesos técnicos comunes.

Tabla 1.1

CARGAS FUNDAMENTALES	A) PERMANENTES debido al peso de la cimbra	Peso propio de la cimbra
		Peso propio de los elementos de soporte para la cimbra
	B) UTILES debidas a necesidades exteriores	Colocación del concreto
		Fricción entre la cimbra y el concreto
		Peso propio del personal
		Peso propio de los materiales
		Peso propio de la maquinaria y <u>e</u> quipo
		Peso propio de las instalaciones
	C) ACCESORIAS debido a la forma en que son aplicadas las cargas útiles	Concentración de materiales en ciertas zonas
		Concentración de personal en ciertas zonas
		Impactos provocados por las des- cargas de material
	CARGAS ACCIDENTALES	Presión del viento
Adherencia entre el concreto y la cimbra provocado por largas interrupciones del deslizado de la cimbra		
Fricciones importantes (provoca- das por posición defectuosa de la cimbra deslizante)		
Avería de un gato		
CARGAS EXTRAORDINARIAS	Fatiga (ruptura) de algún elemen <u>o</u> to de la cimbra deslizante	
	Avería de varios gatos en conjun <u>to</u>	

1.- La presión del concreto no fraguado dentro de la cimbra, depende de una serie de factores donde los más importantes son:

- El espaciamiento de las capas de concreto que son coladas en un evento
- La manera de vibrado del concreto
- La profundidad a la que el concreto se despega de la cimbra, la cual depende de la velocidad del deslizado, la consistencia del concreto, la calidad del cemento, de la temperatura durante la fabricación y durante el fraguado.
- El espesor del muro de concreto.

A causa de los límites tan amplios en los cuales varían éstos factores, por la misma cimbra deslizante y por la misma construcción, durante su ejecución, la determinación precisa de la presión del concreto no es posible y ya que sus condiciones son tan variables, se han desarrollado varios métodos aproximados para determinarla:

a) Según Nanning, la presión del concreto no fraguado en los tableros de dimensiones ordinarias, al inicio del deslizado, pueden ser determinadas bajo la base del diagrama a (figura 14), donde se ha considerado una distribución parabólica de presiones para 1.0 metros de altura. La presión unitaria entonces adquiere un valor máximo de  $0.550 \text{ Ton/m}^2$ , la resultante de las presiones horizontales  $P_h$ , vale entonces  $0.375 \text{ Ton/m}$ , calculada por la fórmula:

$$P_h = \frac{2}{3} a^2$$



donde  $\delta = 2.2 \text{ T/m}^3$  es el peso específico del concreto y  $a = V_B t_p$  la altura de la capa de concreto, que depende de los tiempos de ascenso  $t_p$  y de la velocidad de colado  $V_B$ .

Considerando un coeficiente de fricción entre la cimbra y el concreto  $f = 0.6$ , la fuerza de fricción al principio del deslizado tendrá un valor de  $F = 0.6 \times 0.375 = 0.225 \text{ T/m}$ .

La presión del concreto no fraguado durante el deslizado se determina bajo la base del diagrama 14b, donde la repartición de presiones se extiende por 0.60 m de altura y para un valor máximo de  $0.330 \text{ T/m}^2$  nos da una resultante de presiones horizontales de  $0.132 \text{ T/m}$  de cimbra, calculada por la fórmula antes mencionada.

Considerando el mismo coeficiente de fricción, la fuerza por frotamiento durante el deslizado adquiere un valor de  $F = 0.80 \text{ T/m}$  de cimbra.

Los diagramas mencionados son válidos en general para las velocidades de colado  $V_B$  superiores a  $0.10 \text{ m/hr.}$ , donde las condiciones de trabajo normales ( $t \geq 15^\circ \text{ C}$ ) y bajo la hipótesis que el llenado de concreto será a mano, las presiones medidas en caso de vibrado serán mayores.

b) Según los requerimientos más recientemente estudiados en la República Democrática Alemana y en Rumanía, en relación al compactado del concreto por vibración, resulta que las

presiones varían con la profundidad de acuerdo a una curva, que coincide con la presión hidrostática en la parte superior, donde la altura del concreto libre está a un máximo del tercio inferior. Esta curva puede ser reemplazada para determinar la presión total  $P_H$  por un trapecio que tenga la misma superficie. Supongamos la altura del trapecio como la presión hidrostática  $P_\alpha$  a la profundidad  $\frac{h}{3}$  y tomando en consideración que para un concreto vibrado  $\gamma = 2.40 \text{ T/m}^3$ , obtenemos las siguientes expresiones:

- presión hidrostática a  $\frac{h}{3}$   $P_\alpha = 0.80 h \text{ T/m}^2$
- presión máxima  $P_{\max} = 1.25 \quad P_\alpha = 1.00 h \text{ T/m}^2$
- resultante de presiones horizontales  $P_H = \frac{2}{3} h^2 \text{ t/m de cimbra}$
- Profundidad de aplicación de  $P_H$  desde el borde superior de la cimbra  $y = 0.58 h \text{ m.}$
- fuerza de frotamiento  $F = \int P_H = \frac{2}{3} fh^2 \text{ t/m de cimbra.}$

Cabe señalar que la fuerza de frotamiento  $F$  depende del coeficiente de fricción  $f$ , que varía de 0.3 a 0.8 en función de la rugosidad de la superficie de la cimbra, también que la superficie sea permeable o impermeable, etc., y que también depende de las características del concreto, de tal suerte que se llegue a valores cercanos a 0.6 para una cimbra de superficie permeable (madera) y 0.4 para una cimbra de superficie impermeable (metálica).

Los valores que han sido obtenidos con las fórmulas anteriores son válidos para capas de concreto entre 10 y 25 cm. de espesor, para una velocidad mínima de deslizado de 0.10 cm/h a una temperatura  $t \geq 15^\circ\text{C}$  y para espesores de muro

de 0.15 a 0.25 m., que pueden variar en un 15 a 25% variando los espesores de las capas de concreto y de los muros. De suerte que se pueda considerar que los anteriores argumentos contengan un factor de seguridad.

Considerando que en el arranque del deslizado el concreto tiene una altura de 0.90 ~ 1.10 m. y que durante el deslizado el nivel permanece constante en 0.70 ~ 0.90 m. del borde superior de la cimbra, resulta para las expresiones anteriores, los siguientes valores:

U.M.		al arranque			durante el deslizado		
		h=0,90 m	h=1,10 m	promedio	h=0,70 m	h=0,90 m	promedio
$P_x$	$t/m^2$	0,720	0,880	0,800	0,560	0,720	0,640
$P_{max}$	$t/m^2$	0,900	1,100	1,000	0,700	0,900	0,800
$P_H$	$t/m$	0,540	0,810	0,675	0,320	0,540	0,430
$y$	$m$	0,520	0,640	0,580	0,400	0,520	0,460
$F$	$f=0,6$ $t/m$	0,325	0,485	0,405	0,195	0,325	0,260
	$f=0,4$ $t/m$	0,216	0,324	0,270	0,130	0,216	0,173

Se recomienda que considerando estos valores para el dimensionamiento de una cimbra deslizando, se compruebe que el concreto no será compactado por vibración.

Los tableros serán dimensionados de manera que la flecha máxima en la dirección de la presión del concreto no

rebase 1/1000 de los cálculos teóricos, para que se cumpla la continuidad de los miembros.

c) Las prescripciones americanas proponen para el cálculo de cimbras deslizantes, que la presión lateral sea calculada por la fórmula

$$p = C_1 + \frac{6000 R}{T}, \text{ donde}$$

p se designa como la presión lateral del concreto en lb/ft<sup>2</sup>  
 $C_1 = 100 \text{ lb/ft}^2$

R es la altura del concreto depositado en una hora en ft/h

T es la temperatura del concreto dentro de la cimbra en °F

Expresando la presión lateral en T/m<sup>2</sup> (p'), la altura del concreto colado en una hora en cm/hr (R') y la temperatura en grados centígrados T', la fórmula aparece como sigue:

$$p' = 0.488 + \frac{0.962 R'}{32+1.8 T'}, \text{ en T/m}^2$$

Esta fórmula es de gran interés, ya que relaciona la presión lateral del concreto con las variables que la influyen de una manera decisiva.

- La velocidad de deslizado o sea la velocidad de colado y
- La temperatura del concreto dentro del molde

Dentro de lo que establece esta fórmula, se contempla el colado del concreto en capas de 15 o 25 cm. de



espesor, que son compactadas por vibración y que la cimbra tiene entre 1.05 y 1.35 de altura.

En la tabla 3 aparecen las presiones laterales calculadas para diferentes velocidades de deslizado y diferentes temperaturas:

Temperatura T' °C	para una velocidad de deslizado de R'				
	5	10	15	20	25
5	0,605	0,723	0,841	0,958	-
10	0,584	0,680	0,776	0,872	0,968
15	0,569	0,650	0,732	0,813	0,894
20	0,559	0,630	0,701	0,772	0,843
25	0,550	0,612	0,674	0,736	0,798
30	0,544	0,600	0,656	0,712	0,768

Se observa en la tabla que la presión lateral se incrementa conforme aumenta la velocidad de deslizado y de crece en tanto la temperatura aumenta.

d) Las prescripciones soviéticas para la construcción de obras con cimbras deslizantes consideran que la presión lateral de concreto es igual a la presión hidrostática, aplicada a 0.50 m. de la altura del concreto que hace la expresión característica siguiente:

$$p = h = 2,400 \times 0.50 = 1,200 \text{ T/m}^2$$

$$P = \frac{1}{2}ph = \frac{1}{2} 1200 \times 0.50 = 0.300 \text{ T/m de cimbra}$$

Con esta presión lateral se considera el vaciado a mano, y en el caso de compactación se incrementa en 0.200 T/m de suerte que la presión lateral máxima característica se establece en 0.500 T/m

La fuerza de frotamiento característica es considerada constante  $F = 0.150$  T/m de cimbra.

Las cargas de cálculo se obtienen multiplicando las cargas características con un coeficiente de 1.3 por la presión y de 2.0 por la fuerza de frotamiento.

Analizando los cuatro métodos de cálculo expuestos, se nota concordancia entre el método de T. Dinesco y las prescripciones americanas, en tanto que el Método de Nanning que está dentro de las prescripciones rumanas conduce a valores distintos, válidos solamente si el concreto no es vibrado. Las prescripciones soviéticas conducen a valores aproximados a los concretos vibrados, mas estos valores no pueden ser directamente comparados contra los otros dado que aquellos no están considerados a valores límites.

2.- Un problema que se refiere a la presión y al frotamiento de concreto contra la cimbra es el espesor mínimo  $d$ , en cm., en muros de concreto que son realizados con cimbras deslizantes y que se refiere al concreto que fragua en la cimbra que se desliza, en donde existe la posibilidad de que el peso mismo del concreto  $G$  son superiores las fuerzas

de frotamiento  $2F$  entre el concreto y la cimbra.

$$G = \gamma dh ; F = fH = \frac{1}{2} f \gamma h^2$$

$G \gg 2F$  en sustitución al resultado  $d \gg fh$

donde  $h$  es el espesor de la capa de concreto colada en cm.

La tabla 4 muestra el valor mínimo de espesor de muro para diferentes valores de  $f$  y de  $h$

h cm	f	d <sub>min</sub> cm
20	0,60	12
	0,40	8
30	0,60	18
	0,40	12

Esta tabla nos muestra la gran importancia del espesor de las capas que son coladas en un evento dentro de la cimbra, de ahí la importancia del coeficiente de fricción  $f$  entre el concreto y la cimbra, que depende del estado de la superficie del molde y de la compactación del concreto contra la cimbra para obtener una capa de mortero como lubricante.

En general se admite para los muros de carga un espesor mínimo de 12 cm. aunque existen medidas especiales para algunas obras en particular.

c) Cálculo de cargadores. Los elementos cargadores y los ensambles serán calculados de tal suerte que las deformaciones que se produjeran por la acción de las cargas a los tableros de la cimbra no modifiquen las dimensiones del elemento de concreto, ni la inclinación de la cimbra.

Las cargas que actúan en los cargadores durante el deslizado son indicadas en la figura 14d

d) Cálculo de las barras de apoyo. Las barras de apoyo se calculan por flambéo bajo la acción de cargas transmitidas por los gatos, por medio de los cargadores, entrando en equilibrio de tal manera que no transmitan al mismo tiempo los momentos, que las barras no puedan soportar, para asegurar el izaje uniforme de la cimbra deslizante, ello depende de que las cargas estén lo más uniforme que sea posible.

La capacidad portante de las barras de apoyo depende de su diámetro, de la calidad del acero, de la manera en que se dispongan los gatos de izaje, de la estabilidad contra un desplazamiento lateral y de la profundidad a la que se encuentran sumergidas en el muro de concreto, éstos factores son los que determinan la longitud de pandeo (1f).

El diámetro de las barras de apoyo varía en general de 25 a 32 mm., las instalaciones actuales utilizan barras de 25 mm. con acero CED 40

Los dispositivos de izaje existentes atrapan la barra en 2 puntos, su accionamiento es normalmente en la parte superior, su rotación está restringida por la fijación con los cargadores.

La estabilidad de los dispositivos de izaje contra los desplazamientos laterales está asegurada por la acción del espacio entre cargadores y la cimbra, donde la longitud de pandeo es entonces la longitud libre de la barra (figura 15a). Este fenómeno se manifiesta de ciertas maneras según el tipo de construcción, el giro de la cimbra provoca que se presente el desplazamiento lateral de las barras, en este caso la longitud de pandeo se dobla (figura 15b), entonces se reduce la capacidad portante a una cuarta parte bajo la hipótesis anterior que puede conducir a su pandeo y a una influencia determinante para la estabilidad del sistema, ya que las cargas que actúan en la barra contra el pandeo, requieren de componentes horizontales que acentúan la tendencia de rotación de la cimbra deslizante y provocan el pandeo de las barras en igual manera, haciendo que se produzca la falla de la cimbra. Dentro de estas construcciones el problema parte de medidas especiales para impedir la rotación de la cimbra y aportar una atención particular dentro de la conducción del deslizado para evitar las rotaciones y el desplome aparente (los cuales no deben ser mayores de escasos milímetros).

La profundidad a la cual el concreto fraguado dentro de la cimbra asegure la consolidación de la barra depende de su fraguado, impacta igualmente el efecto de consolidación del concreto durante su fraguado, se puede admitir que la barra esté sumergida dentro de la zona en que el concreto esté suficientemente duro para que sea expuesto por la cimbra y que resulte así una longitud libre de 1.00 a 1.50 metros para una velocidad de deslizado de 15.0 a 25.0 cm/hr.

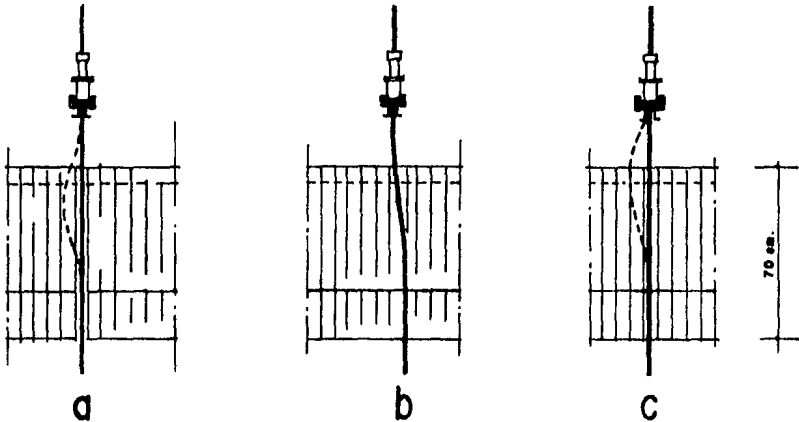


FIGURA 15

Dadas éstas condiciones, importa igualmente para la rigidez de la cimbra a los desplazamientos laterales, la capacidad portante de las barras de apoyo, que varía entre tres grandes límites, ya mencionada la velocidad de 10 a 15 cm/hr, la carga crítica de pandeo varía de 2300 kg. a 6,900 Kg. , dependiendo que los desplazamientos laterales sean o no restringidos.

Dentro de la hipótesis normalmente admitida para el cálculo de barras de apoyo en que su extremo está empotrado dentro del concreto a 70 cm. del borde superior de la cimbra deslizante y articulado en el otro lado por el dispositivo de izaje (figura 15c), la carga máxima admisible es de 2,700 Kg. para una barra de 25 mm de diámetro.

Estando consideradas las cargas que pueden aparecer durante los trabajos, a causa de la repartición no uniforme de cargas y del izaje no simultáneo del equipo, la carga máxima (que comprende las cargas útiles, concreto, materiales, equipo, etc.) que reúne a un grupo de gatos no debe sobrepasar de 2,000 Kg. por gato (valor obtenido de repartir las cargas máximas en un grupo de gatos).

Dentro de las estructuras circulares, para evitar que se presente el desplazamiento lateral de las barras y la rotación de la cimbra, se recomienda se reduzcan las cargas mencionadas en un 20 a 25%.

### II.3.2 DETERMINACION DE NECESIDADES PARA EL PROYECTO

Como se muestra en planos, el proyecto consta de 12 silos de sección circular, con el aprovechamiento de las áreas intermedias denominadas intersilos y las uniones exteriores de los cuerpos, llamados extersilos.

La cimbra se propone de madera machihembrada, por su longitud de aproximadamente 460 m. l., lo que no justifica tableros metálicos. La formaleta se divide en módulos de 1.20 m., fabricándose en un taller especializado y enviándose con dos meses de anticipación las primeras partes.

Aunque se presenta la opción de usar equipo pesado o ligero, se descarta la primera, ya que equivale a usar ciertamente menos equipo, más o menos 15 gatos, significado de menor índice de problemas, más fácil control en el trabajo, menor esfuerzo para bombear el aceite, pero implica una plataforma de apoyo de acero estructural muy pesada, grande, complicada y costosa, aproximadamente son necesarias 60 toneladas de acero, que dado el programa de montaje de la cimbra de 5 semanas, resulta imposible habilitar, debido a que el personal es reducido y no se justifica incrementarlo exageradamente junto con el equipo necesario.

Resulta entonces decidir usar el equipo de 6 toneladas o el de 3. Y esta decisión se basa en las áreas tributarias que en este caso resultan pequeñas de acuerdo a



una distribución estándar del equipo espaciado a 1.50 m.

Resuelto el tipo de gatos, resulta la cantidad de 349 gatos, mayor que lo proyectado en función de reforzar las zonas en que se encuentran cargas concentradas, tales como donde se localizan los elevadores de concreto y plumas auxiliares de elevación.

Dado el largo recorrido de la red de presión, se utiliza manguera y 2 bombas de 65 litros de capacidad en el tanque con un gasto de 17 l/min., calibradas a la presión de  $160 \text{ Kg/cm}^2$ , logrando obtenerla en 35 seg. con un tiempo de retorno del aceite de 2 min., pudiéndose dar un impulso a cada 3 min., y una velocidad de deslizado máxima de 50 cm/h.

Las soluciones restantes son las típicas en situaciones tales como cambios de sección bruscos o cortes en la cimbra o apoyo de yugos.

La diferencia importante presentada en el proyecto es la plataforma de trabajo y las armaduras de rigidización. Las segundas hubieron de ser reforzadas para que soportaran el peso de una losa de 40 cms. de espesor que constituye la tapa de la batería y obviamente la plataforma también hubo de ser reforzada de tablón de 1 pulgada a tablón de  $1\frac{1}{2}$  con una cama de viga de madera de 4" x 6" y apoyos de 4" x 4", provocando una carga excedente en cada silo de 8 toneladas aproximadamente.

### III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

#### III.1 ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Aún cuando ya están planteadas las necesidades del proyecto, cabe señalar que muchos de los silos para almacenamiento de grano específicamente se realizan en acero, aunque no de estas alturas, pues siempre los diámetros son mayores que los de esta batería y su altura es siempre alrededor de 25 metros, razón por la cual al pretender hacer estructuras esbeltas resulta insuficiente el empleo de estructuras de acero, también influyen en el diseño el hecho que contamos con los recursos y tecnología suficiente para pensar en estructuras de concreto, y el acero no es abundante en el país. Si bien las estructuras de este tipo son abundantes en puertos industriales en que no sólo se manejan granos sino materiales en general que requieren ser manejados a granel, en países como México no han proliferado por el hecho de ser poco conocido el sistema de cimbra deslizante, además que se incluían en las instalaciones partes para secar y limpiar el grano, que obligaban a descartar el concreto como material de construcción ya que éste puede reaccionar químicamente con el grano humedecido.

La opción de realizar la obra con cimbra fija no se contempló ya que resulta evidente la eficiencia de una cimbra deslizante en una superficie de  $92\ 000\ m^2$  en la que aproximadamente se tienen 80 usos en la madera, en un tiempo de 20 semanas y a un costo cercano a la mitad del de la cimbra fija, además de evitar la obra falsa. Por todos estos

motivos, el empleo de una cimbra común no es operable.

Ya determinado el proyecto en cuanto a usar concreto reforzado y cimbra deslizante, y de repetir el uso de la primera, faltaba considerar el orden de ejecución de los trabajos.

Se dió importancia principal al deslizado de las dos baterías de silos dejando para el intermedio la consecución de los trabajos en la torre de manejo para que una vez que estuvieran terminados ambos, se realizaran las losas tapas de los primeros y sobre éstas proseguir con la torre. La otra alternativa era que al término de la primera batería se realizara la losa tapa, efectuar las maniobras de desmontaje de la cimbra y rehabilitarla para el segundo deslizado. Esta opción se descartó pues al analizar los tiempos de trabajo se observó que al dejar la cimbra en contacto directo con el concreto al último nivel, provocaría que se pegara como una cimbra común, y después de realizar el colado de la losa, la maniobra de desmontaje se complicaría demasiado y la cimbra se habría de cortar en tramos lo suficientemente pequeños para recuperarla por los pasos en dos primeros niveles, aunando a esto la cantidad de tableros que se perderían y la rehabilitación de las armaduras de rigidización que llevarían a tiempos de espera de más del doble que con la primera opción, además que al ejecutar de manera continua los deslizados, la recuperación de la cimbra se haría con el empleo de dos grúas torre que durante el deslizado habrían de surtir el acero principalmente.

Esto permitiría que se recuperaran los cuerpos completos inclusive con las armaduras de rigidez y sólo restaría dar mantenimiento a la cimbra y colocarla en posición nuevamente con las grúas, lo que llevó un lapso intermedio entre deslizados de 8 semanas, tiempo en el cual el edificio central habría de terminarse y se podría al final del segundo deslizado colar la losa tapa de tal modo que la torre que se desplanta en las losas continuara trabajándose en su mitad correspondiente a la batería 2 mientras se colaba la primera tapa. Figura .

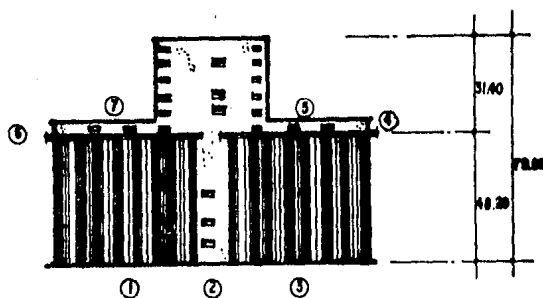


Figura 16

Orden de ejecución de los trabajos

1. Batería de silos no. 1
2. Edificio central
3. Batería de silos no. 2
4. Losa tapa batería no. 2
5. Torre sobre batería 2
6. Losa tapa batería no. 1
7. Torre sobre batería no. 1

### III.2 PROGRAMACION DE LA OBRA

El problema principal a resolver es el suministro de materiales a una altura cambiante y a un ritmo que de acuerdo a la velocidad programada debían emplearse  $37 \text{ m}^3$  de concreto, 5.6 ton. de acero y necesidades menores, todo en un lapso de una hora además de que todos estos materiales habrían de repartirse en una área aproximada de  $1650 \text{ m}^2$ .

Por tanto, para el suministro de materiales fue resuelto de la siguiente manera:

#### III.2.1 CONCRETO

La primera opción que aparece y de acuerdo a los métodos de construcción usuales es emplear una bomba con capacidad suficiente para alcanzar el máximo nivel, sin embargo el empleo de este equipo reviste problemas, ya que se haría necesario ir cambiando la tubería de descarga conforme se eleva la plataforma de trabajos; es necesaria una estructura que soporte el empuje del bombeo, y lo más criticable es la descarga concentrada en un punto, lo que hace necesarios recorridos en carretilla por un lugar donde está una cortina de varilla vertical. En algunos casos el bombeo se justifica, esto es, donde la obra sea una sola estructura, tal es el caso de un solo silo o bien de una torre o chimenea. También es descartado en este caso el empleo de bachas de concreto, pues se necesitarían aproximadamente siete grúas-

torre, más las necesarias para el suministro de acero, equipo que de ninguna manera es justificado.

Ante la necesidad de tener no sólo en ésta sino en muchos deslizados, varios puntos de suministro, se ha desarrollado un elevador de concreto (CONCRETE HOIST) que consta básicamente de un bastidor metálico que se apoya sobre la plataforma de trabajo y un marco móvil integrado a un bote de capacidad neta de 300 litros accionado por un malacate apoyado en el piso. (Figura 17 )



Figura 17  
Elevador de concreto

La capacidad está determinada por el empuje que provoca el bastidor fijo a la plataforma y ésta a la cimbra deslizante, aún con ésto es necesario reforzar esos puntos con equipo adicional a modo de contrarrestar el esfuerzo que ocasiona el bote lleno. Este dispositivo es de uso común en trabajos de cimbra deslizante pues proporciona un suministro casi constante y por su costo pueden emplearse el número necesario para obras de gran extensión.

En esta obra se emplearon doce concrete hoist, para que cada silo fuera suministrado por un elevador, y eventualmente en el caso de descompostura se pudieran suplir uno a otro, el acceso a los silos intermedios se hizo por medio de pasos a través de los intersilos (Figura 18 ).

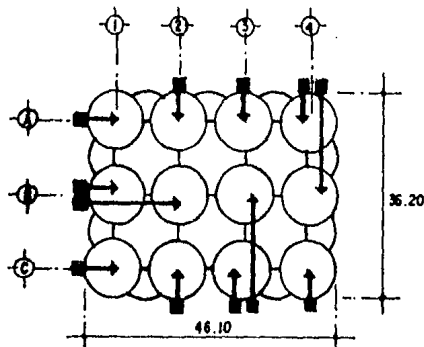


Figura 18  
Zonas de distribución de ELEVADORES  
DE CONCRETO

Este dispositivo tiene un rendimiento de 3 a 4 m<sup>3</sup>/h que varía en función de la altura, dando ésto un total de 36 m<sup>3</sup> como mínimo de operación, suministro que cumple con los requerimientos de velocidad propuestos. Para la distribución en la plataforma y el vaciado al molde se emplearon carretillas dada su maniobrabilidad, pensando en un ciclo de 3 minutos para que una carretilla cargue de la tolva de descarga 40 litros, la lleve a su destino y regrese, lo que arroja la necesidad de 5 carretillas por silo o bien por tolva de descarga, y un vibrador de concreto.

La fabricación de concreto se realizó con dos plantas de concreto marca ORU de tipo cangilones con una capacidad de producción de 40m<sup>3</sup>/h cada una, lo que proporcionaba suficiente concreto aún con suministros pico, y para su acarreo al frente de trabajo se emplearon 7 camiones de mezclado con capacidad de 27 m<sup>3</sup> en total, lo que pensando en un llenado al 80% de su capacidad, se tenían 30 m<sup>3</sup> por evento, así que para un suministro horario se tenían que realizar 1.23 viajes para los requerimientos de 20 m<sup>3</sup>/h en el deslizado y para un total de 9,000 m<sup>3</sup> de concreto por cada batería de silos.



Estos camiones habrían de descargar a unas artesas localizadas al pie de cada elevador de concreto con una capacidad de  $3 \text{ m}^3$ , para que de esta manera un camión no espere el tiempo de recorrido del malacate, sino que vaciara en 2 artesas y regresara a la planta para un nuevo llenado.

El revenimiento utilizado se estableció en 18 cms. ya que aunque los requerimientos para trabajar la cimbra deslizante no lo exigen, al existir varios traspaleos desde su fabricación hasta su colocación, hacen que el concreto pierda agua, además que se recomienda trabajar con un concreto manejable.

Aún con estas previsiones, hubo de usarse un aditivo que proporcionara manejabilidad y aprovechar que retuviera agua, pues la temperatura hacía que el concreto presentara un fraguado inicial antes de que recorriera lo necesario en el molde, su repercusión directa es en el acabado del muro al salir de la cimbra.

## III.2.2 ACERO

Este renglón reviste suma importancia, ya que antes de comenzar el deslizado, el total de piezas a utilizarse debe estar habilitado y en posición tal que pueda ser elevado a la plataforma de trabajo, por lo que hubo de suministrarse aproximadamente 1,500 toneladas de acero en diferentes diámetros para ser habilitados en 120,000 piezas posteriormente colocadas en paquetes y acarreadas a un banco al alcance de las grúas torre. Estos paquetes están en función y previstos para el suministro de un silo únicamente de manera que el suministro sea concentrado a un área definida.

El izaje de acero de refuerzo se efectuó por medio de dos grúas torre, en la totalidad de las piezas, grúas que debieron ser elevadas con anticipación hasta los 60 metros y localizadas según la figura 2 en la primera y segunda batería. En el tiempo intermedio de deslizados se efectuaron los movimientos para su nueva localización.

Se definió un almacenamiento de acero base de 75 ton. que es el equivalente a un turno de trabajo, pero al comienzo se tuvo exclusivamente 35 de las 75, debido a que esta estiba habría de hacerse con el molde vacío, en estas condiciones la cimbra sufriría la pérdida del desplome o bien, que debido a estar apoyada en las barras sin el confinamiento que proporciona el concreto, se presentara un pandeo de éstas.

### III.2.3 PERSONAL

En cuanto a la mano de obra, se tuvo un total de 514 personas por cada turno, haciéndose éstos de 12 horas y, por necesidades del proyecto, laborando continuamente inclusive domingos hasta el final del deslizado. La distribución fue la siguiente:

Acabados de muros	144
Colocación de concreto	126
Elevación de concreto	36
Planta de concreto	40
Colocación de acero	142
Elevación de acero	8
Operación cimbra	18

además de este personal de operación se suma el técnico que constó de lo siguiente:

- 3 Ingenieros en plataforma colocación de concreto
- 2 Ingenieros para la cimbra deslizante
- 1 Ingeniero encargado de la planta de concreto
- 1 Ingeniero en elevación del concreto, a cargo de artesas, funcionamiento de concrete hoist y distribución de camiones
- 2 Ingenieros supervisando colocación de acero
- 1 Ingeniero coordinador de los trabajos
- 1 Superintendente encargado de toda la obra

sumando todo en ambos turnos se sabe que estuvieron laborando durante las etapas de deslizado, la cantidad de 1,050 personas.

La idea básica para la distribución de personal fue asignar áreas específicas de trabajo como por ejemplo podemos citar que en cada silo hubo 5 carretilleros, 1 albañil, 1 vibradorista, 2 receptores del concreto y por 4 silos, 1 cabo, así como un Ingeniero coordinador de esta área. Todo este aparato tuvo como objeto observar la colocación de concreto con el objeto de que fuera uniforme en toda el área de distribución, necesidad exigida por la cimbra deslizante para obtener el máximo rendimiento del equipo.

Por el tipo de trabajo que se realiza, esto es, interrompido, el rendimiento del personal es mayor, pues la velocidad del deslizado les impone un ritmo al que no pueden rendirse, es por esta razón que la colocación de concreto se convierte en el punto clave del deslizado, puesto que también depende de esto el correcto funcionamiento de la cimbra deslizante.

Dadas estas condiciones de trabajo, se hace notoria la necesidad de que el equipo utilizado esté en óptimas condiciones y por tanto un equipo de mecánicos es apoyo fundamental, que inclusive contó con una superintendencia mecánica para reparaciones y mantenimiento constante.

### III.2.4 VACIADO INICIAL

Esta actividad es fundamental; de aquí depende que los avances primeros e incluso el funcionamiento posterior del equipo de la cimbra deslizante sean correctos.

Como anteriormente se anotó, para comenzar a accionar el equipo hidráulico es necesario que exista una cantidad de concreto en el molde suficiente para que al iniciar la elevación de la cimbra, el concreto presente ya un fraguado inicial a modo que tome el espesor del muro, pero este tiempo no debe exceder un límite en el cual la adherencia del concreto a la cimbra provoca esfuerzos que podrían provocar el colapso o bien la falla de la barra de apoyo.

El tiempo máximo en que se debe comenzar a mover la cimbra varía de acuerdo al tipo de cemento, al revenimiento y a la temperatura ambiente, principalmente, y oscila entre  $1\frac{1}{2}$  y 2 horas. En este caso se recomendó  $1\frac{1}{2}$  hora, ya que debido al apoyo del laboratorio se hicieron pruebas de fraguado inicial y se llegó al dato.

La cimbra obviamente parte de un nivel igual en toda su extensión, pero debido a que en la generalidad de los casos existen desniveles en el desplante o cimentación, es forzoso hacer un calafateo en la parte inferior que debe prepararse antes de dar comienzo a la instalación de la plataforma de trabajo.

Debido a la esbeltez de la barra de apoyo, se requiere que exista un mínimo de concreto en el molde para aplicar presión a los gatos hidráulicos, el óptimo de esta necesidad es que el molde tenga 80 cms. para que se produzca el confinamiento que necesita tener la barra de apoyo y reducir su longitud efectiva. Sin embargo, dado el volúmen del concreto ( $185 \text{ m}^3$ ) y la extensión de distribución, se hace dificultoso cumplir en 1.5 horas, que era el máximo tiempo, por tanto se consideró que teniendo el 50% del molde lleno en ese lapso se podría aplicar un impulso para evitar que se adhiriera la cimbra al concreto.

Esta maniobra habría de hacerse en capas sucesivas de 20 a 30 cms., en la idea que el suministro de concreto fallara y hubiera de desprender la cimbra sin haber logrado los 50 cms. propuestos.

El equipo empleado fue numeroso y a continuación se describe:

2 grúas torre	$5 \text{ m}^3/\text{h}$
12 concrete hoist	$48 \text{ m}^3/\text{h}$
3 bombas móviles	$90 \text{ m}^3/\text{h}$
1 bomba estacionaria	$40 \text{ m}^3/\text{h}$

por lo que en capacidad de elevación y alcance se estaba solucionando; el suministro de concreto hubo de hacerse con las 2 plantas de concreto de obra ( $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ), auxiliado por concreto de compañías locales.

### III.3 EJECUCION Y CONTROL

El principal control que debe establecerse en estos trabajos se refiere a la cimbra deslizante y al concreto, parte de esto se ha mencionado anteriormente al adjudicar en la plataforma distintos medios de supervisión, requerido por el ritmo impuesto por los trabajos.

El concreto individualmente se supervisó bajo el auspicio de un laboratorio de control, papel que se demostró al proporcionar datos fundamentales para el mejor manejo del concreto.

La cimbra tuvo tres controles, el de verticalidad, nivelación e impulsos. El primero de ellos por medio de plomadas colocadas en una escuadra formada como se ve en la figura , establecida en la consideración que la cimbra al estar unida por yugos y armaduras se comporta como una sola estructura, por tanto se necesitaban sólo controlar dos direcciones de desviación.

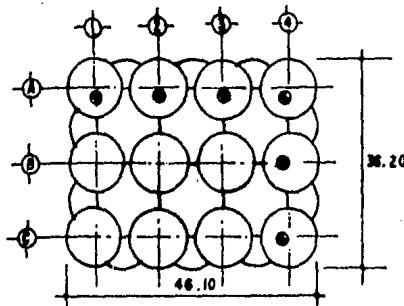


Figura 19

Existen medios más sofisticados para controlar una trayectoria, por ejemplo mediante el uso de rayos láser, colocado en la plataforma y con una pantalla en la base de desplante. Este dispositivo es generalmente usado cuando se trata de un cuerpo geométrico sencillo, digamos una chi menea o una torre, pero aún con este tipo de control es ne cesario colocar plomadas puesto que el dispositivo no puede detectar la tendencia al giro, situación bastante común en cuerpos de sección circular.

Las trayectorias suelen ser variantes, pero es cau sa directa de las condiciones de carga a que se somete la cimbra, por tanto se requiere de continuas nivelaciones que provocan desequilibrios momentáneos.

La nivelación de la plataforma se controló por medio de mangueras con agua, método que puede parecer ineficiente ya que el equipo cuenta con un dispositivo de nivelación consistente en un tope que se sujeta a la barra de apoyo, este tope al chocar con el gato impide el desplazamiento de ese elemento dando oportunidad a que los gatos que presenten rezago se nivelen. Sin embargo, este procedi miento resulta demasiado complicado e ineficiente, lo primero porque al contar con 350 equipos, el colocar a intervalos el tope, requiere de un apoyo de topografía y movilización de personal no justificado, este procedimiento es vá lido en el caso de contar con poco equipo. Lo segundo por que dadas las necesidades del sistema y debido a las fuerzas ajenas a la cimbra tales como concrete hoists y también a



causa de continuas correcciones por un desplome tendiente a aumentar, exige que la cimbra esté desnivelada para mantener una trayectoria vertical. La alternativa usada permite además de una observación rápida, un control inmediato a base de cerrar el paso de presión a las zonas desniveladas, además de permitir una corrección oportuna en el caso que un gato presente problemas.

El control de impulsos hidráulicos tiene importancia menor, pues es lo que nos indicará una falla del sistema, o sea que en un momento el pistón de los gatos puede no estar recorriendo la carrera con que están diseñados, esta verificación debe coincidir en el número de los impulsos contra una medición directa.

Los trabajos durante el deslizado son sumamente sencillos y presentan pequeños problemas sólo al comienzo y debido a la falta de conocimiento del método de trabajo por parte del personal en general. Esto se refleja en la figura donde se puede apreciar el incremento en la velocidad promedio a los pocos días de trabajo. Sin embargo, en la figura se observa que para el segundo evento sí mejoran estos promedios al contar para ésto con personal ya experimentado, resultado de mejorar las fallas observadas en la primera batería que se deslizó.

El procedimiento de trabajo es exageradamente sencillo y consiste en colocar capas uniformes en toda el área

de concreto de 20 a 30 cms. y el acero se coloca conforme avanza la cimbra y va quedando un claro libre suficiente para introducir la varilla de refuerzo por debajo del cabezal del yugo. Dependiendo del suministro de concreto, se le proporciona presión al equipo hidráulico a modo que la cimbra contenga el 80% de su capacidad en todo instante. Este último concepto resulta ser importante pues es la zona más crítica la que marcará la velocidad del deslizado.

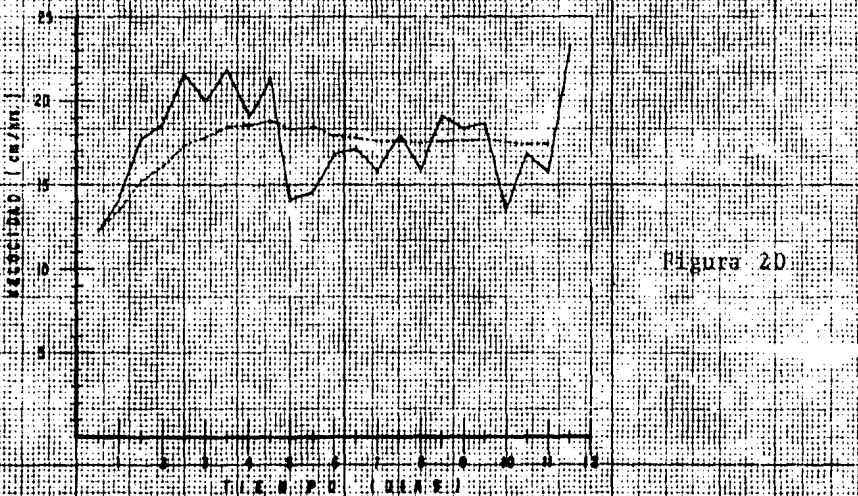
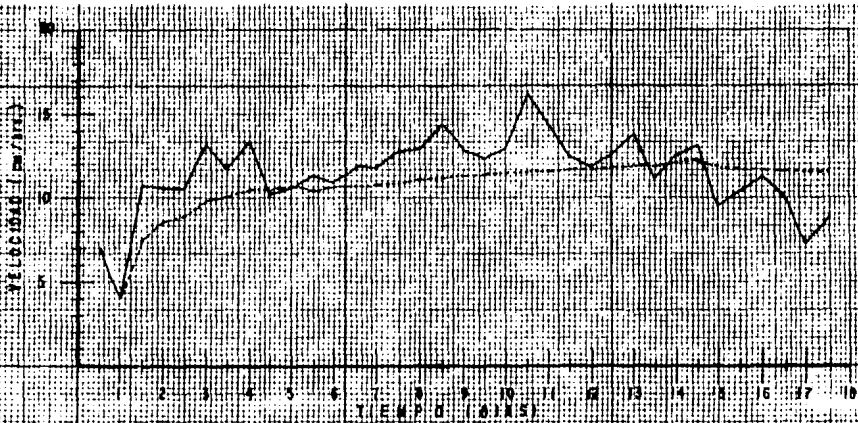


Figura 2D

T A B L A 1

BATERIA NO. 1 (Noviembre 1982)

TURNO	ALTURA		VELOCIDAD TURNO	ACERO (ton)	CONCRETO (m <sup>3</sup> )
	TURNO	ACUM.			
1	0.50	0.50	7.0	14.0	92.50
2	0.50	1.00	4.0	14.0	92.50
3	1.30	2.30	10.83	36.4	240.50
4	1.30	3.60	10.8	36.4	240.50
5	1.30	4.90	10.8	36.4	240.50
6	1.58	6.48	13.2	44.24	292.30
7	1.42	7.90	11.83	39.76	262.70
8	1.63	9.53	13.6	45.64	301.55
9	1.22	10.75	10.2	35.16	225.70
10	1.27	12.02	10.6	35.36	234.99
11	1.36	13.38	11.3	38.10	251.60
12	1.32	14.70	11.0	36.96	244.20
13	1.43	16.13	11.9	40.04	264.55
14	1.42	17.55	11.8	39.76	262.70
15	1.53	19.08	12.9	42.84	283.05
16	1.56	20.64	13.0	43.68	288.60
17	1.73	22.37	14.4	48.44	320.05
18	1.54	23.91	12.8	43.12	284.90
19	1.49	25.40	12.4	41.72	275.65
20	1.55	26.95	12.9	43.40	286.75
21	1.95	28.90	16.25	54.60	360.75
22	1.72	30.62	14.33	48.17	318.20
23	1.50	32.12	12.50	42.00	277.50
24	1.43	33.55	11.91	40.04	264.55
25	1.51	35.06	12.58	42.28	279.35
26	1.66	36.72	13.83	46.48	307.10
27	1.43	38.15	11.92	40.04	264.55
28	1.49	39.64	12.42	41.72	275.65
29	1.57	41.21	13.08	43.96	290.45
30	1.15	42.36	9.58	32.2	212.75
31	1.21	43.60	10.31	34.72	229.40
32	1.35	44.95	11.25	37.80	249.75
33	1.20	46.15	10.00	33.60	222.00
34	0.99	47.14	8.25	27.72	183.15
35	1.06	48.20	8.83	28.86	196.10
				<hr/>	<hr/>
				1,349.60	8,917.00

## T A B L A 2

BATERIA NO. 2 (Febrero, 1983)

TURNO	ALTURA		VELOCIDAD TURNO	ACERO (ton)	CONCRETO (m <sup>3</sup> )
	TURNO	ACUM.			
1	0.75	0.75	12.29	21.0	138.75
2	1.68	2.43	14.00	47.04	310.80
3	2.12	4.55	17.66	59.36	392.20
4	2.22	6.75	18.50	62.16	410.70
5	2.61	9.36	21.75	73.08	482.85
6	2.40	11.76	20.00	67.20	444.00
7	2.63	14.39	21.75	73.36	484.70
8	2.28	16.67	19.00	63.84	421.80
9	2.56	19.23	21.33	71.68	473.60
10	1.70	20.93	14.10	47.60	314.50
11	1.75	22.68	14.58	49.0	323.75
12	2.01	24.69	16.75	56.28	371.85
13	2.05	26.74	17.08	51.40	279.25
14	1.89	28.63	15.75	52.92	349.65
15	2.15	30.78	17.92	60.20	397.75
16	1.89	32.67	15.75	52.92	349.65
17	2.31	34.98	19.25	64.68	427.35
18	2.20	37.18	18.33	61.60	407.00
19	2.24	39.42	18.61	62.72	414.40
20	1.62	41.04	13.50	45.36	299.70
21	2.01	43.05	16.75	56.28	371.85
22	1.89	44.94	15.75	52.92	349.65
23	3.24	48.18	23.14	90.72	599.40
				<u>1,349.60</u>	<u>8,917.00</u>

El total de horas trabajadas en la batería 1 fue de 413.5 y en la batería 2 de 272.1, lo que demuestra una mayor eficiencia en todos los aspectos.

Respecto a los rendimientos se puede notar que en la batería 1 y para el personal antes mencionado tenemos:

para el acero            3.26 ton/h  
para el concreto        21.36 m<sup>3</sup>/h

y en la batería 2

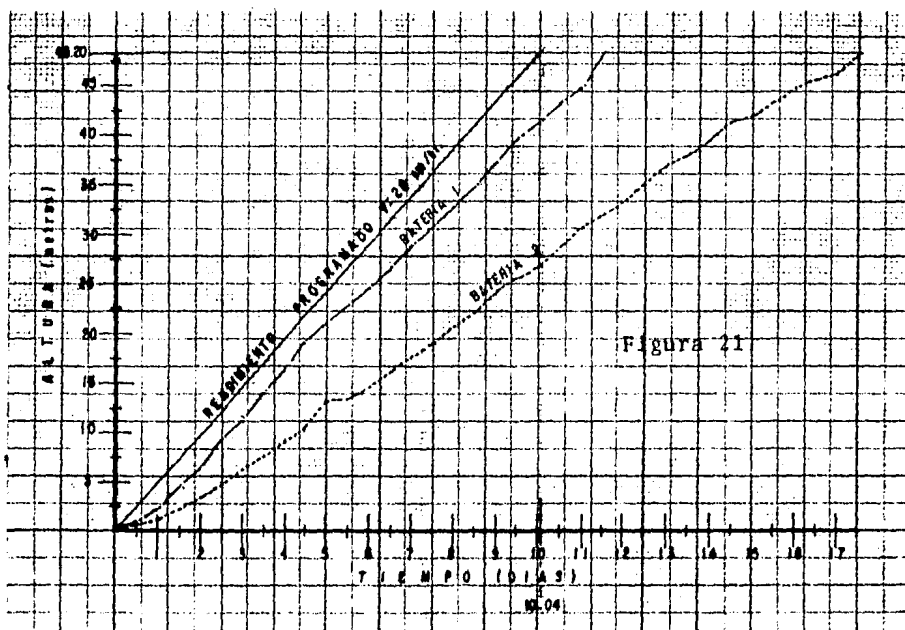
acero                      4.96 ton/h  
concreto                 31.29 m<sup>3</sup>/h

la velocidad promedio obtenida en cada batería fue de:

batería 1      $v = 11.65$  m/h

batería 2      $v = 17.41$  m/h

que aún cuando no son las deseables, dadas las dimensiones de la obra, son aceptables pues los rendimientos se incrementaron un 52%.



## III.4 COSTO

El costo de la cimbra deslizante en sí se abate con forme la altura del deslizado se incrementa, por supuesto se intuye que la amortización de un costo inicial que no puede variar demasiado (pues el empleo de equipo es en una planta el mismo a cualquier altura, cambiando únicamente el tiempo del personal), es repercutido en una cantidad mayor de metros cuadrados, resultando una curva aproximada a la figura

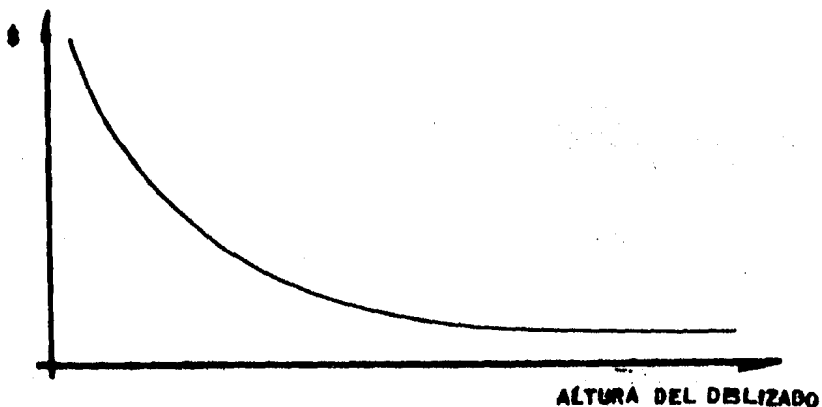


Figura 22

También el costo se ve afectado por el tamaño de la obra a ejecutar, pues aunque el equipo proporcionalmente es el mismo, la mano de obra se simplifica debido a que ocupaciones específicas se sistematizan con la consecuencia de una necesidad menor de personal.

El costo de la cimbra deslizante se conforma básicamente de tres conceptos, sin tomar en cuenta la repercusión en los rendimientos de otras actividades inherentes, y son:

- a) Fabricación del molde y estructuras de rigidez'
- b) Equipo para deslizar.
- c) Mano de obra para la operación.

a) FABRICACION DEL MOLDE Y ESTRUCTURAS DE RIGIDEZ

Precio Unitario

Tablero de duela machihembrada		Unidad m <sup>2</sup>		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	PRECIO
Madera para duela	16.943	PTB	38.00	643.83
Madera para largueros	10.332	PTB	38.00	392.62
Clavo rolado	0.400	Kg	180.00	72.00
Pintura epóxica	1.000	Lt	544.68	544.68
Resina	0.750	Lt.	247.42	185.56
Tornillos 5"x½"	5.333	pza.	53.60	285.84
Placa cal. 10	2.200	Kg.	101.20	222.64

MANO DE OBRA

Cabo carpintero O.N.	0.090	Jor.	1,287.40	115.86
Oficial carpintero O.N.	0.450	Jor	1,153.95	519.28
Ayudante general	0.750	Jor	593.46	445.10
Herramienta	0.030	MO	1,080.24	22.26

EQUIPO

Machihembradora	0.750	Hr.	1,030.75	773.06
Sierra de banco	0.620	Hr.	153.20	94.98
Cizaya punzadora	0.333	Hr.	839.22	279.46

COSTO DIRECTO 4,597.11

Precio unitario

Armadura para rigidización (ángulo 2½"x½" en todos los miembros)

MATERIALES

Angulo 2½"x½"	10.332	Kg.	80.00	826.56
---------------	--------	-----	-------	--------

Soldadura E7018x1/8"	0.750	kg.	237.00	177.75
Pintura esmalte	0.250	Lt.	234.05	58.51
Oxígeno	0.750	m <sup>3</sup>	131.00	98.25
Acetileno	0.163	Kg.	421.00	68.62
Piedra esmeril	0.005	pza.	1,725.00	8.63

## MANO DE OBRA

Cabo soldador	0.083	Jor.	1,287.40	106.85
Oficial soldador	0.100	Jor.	1,197.91	119.79
Ayudante general	0.250	Jor.	593.46	148.37
Herramienta	0.050	MO	375.01	18.75

## EQUIPO

Equipo de corte	0.250	Hr.	14.85	3.71
Planta de soldar	0.583	Hr.	95.45	55.65
Esmeriladora	0.333	Hr.	9.33	3.11

COSTO DIRECTO \$ 1,694.55

Si se tuvo un total de 856 m<sup>2</sup> de tablero como desarrollo en planta y 1368 ml. de armaduras, el costo por éstos conceptos resulta:

$$856 \text{ m}^2 \times 4,597.11 = 3'935,126.16$$

$$1,368 \text{ ml} \times 1,694.55 = 2'318,144.40$$

## b) EQUIPO PARA DESLIZAR.

Del capítulo II.3.2 se desprende el número de gatos o unidades a usarse en número de 349, con costos de unidad gato/semana

Gato hidráulico 501	167.96/sem	1,000	167.96
Bomba hidráulica HTP 5	945.29	0'020	18.91
Red de presión	97.75	1,000	97.75
Barra de apoyo	18.38	16,000	294.00
Yugo	39.06	1,000	39.06
Material de consumo		7.0%	43.24
Herramienta		3.0%	19.83

COSTO UNITARIO \$ 680.74



De datos proporcionados la renta se conforma de la siguiente manera:

Renta semanal	60 %	680.74
Mantenimiento	35 %	394.82
Seguros	3 %	2.86
Varios	2 %	1.90
<b>RENTA SEMANAL</b>		<b>\$ 1,129.33</b>

Para un total de 349 equipos:

$$349 \times 1,129.33 = 394,136.17 / \text{ semana}$$

### c) EL PERSONAL

Considerando una cuadrilla base formada por el siguiente personal para un frente por turno:

CATEGORIA	CANTIDAD	%	C.E.	IMPORTE
Sobrestante	1.0	6	9,081.92	9,081.92
Cabo de deslizado	2.0	12	6,386.90	12,773.80
Oficial soldador	4.0	23	5,623.19	22,492.76
Oficial carpintero	6.0	35	6,386.90	38,321.40
Ayudante general	4.0	24	4,353.70	17,414.80
			<b>COSTO SEMANAL</b>	<b>100,084.52</b>

En una semana con 17 personas se tienen 1,020 horas-hombre

$$17 \times 60 = 1,020 \text{ h-h}$$

$$\text{Costo hora-hombre} = \frac{100,084.52}{1,020} = 98.127 \text{ \$/h-h}$$

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES:

ACTIVIDADES	BATERIA 1	BATERIA 2
MONTAJE	5 semanas	5 semanas

DESLIZADO	2 semanas	2 semanas
DESMONTAJE	3 semanas	3 semanas
REHABILITADO	4 semanas	

Tiempo total de trabajos 24 semanas  
 Horas trabajadas/semana 60 horas  
 Horas-hombre a la semana  
 considerando un promedio  
 de fuerza de trabajo de  
 40 hombres 2400 h-h/sem

Costo promedio de mano de obra semanal

$$2,400 \text{ h-h/sem.} \times 98.127 \text{ \$/h-h} = \$ 235,504.80/\text{sem.}$$

#### R E S U M E N

a) MOLDE		6'253,270.56
b) EQUIPO HIDRAULICO	394136.17x24	9'459,268.08
c) MANO DE OBRA	235504.80x24	5'652,115.20

En una superficie de  $92,518.40 \text{ m}^2$  el costo de la cimbra deslizando resulta de

$$\text{CD} = \$ 230.92 / \text{m}^2$$

## V.- CONCLUSIONES

Los datos mas evidentes en el resultado de la ejecución de la obra son los mencionados al final del capítulo 3. Es notoria la diferencia en los rendimientos logrados.

En la batería uno se presentaron problemas de planeación de recursos al enfrentarse el personal de colocación de concreto a la diferencia radicada en tener una área de colocación demasiado extendida y un volúmen de concreto elevado. Como consecuencia del colado inicial deficiente hubo de tenerse un tiempo de espera prolongado para despegar el molde, así como consecuencia se presentó adherencia del concreto a la cimbra y al empezar a deslizarla, éstas desgarraron la superficie expuesta, en algunos casos estos desgarres pueden ser rellenados con un mortero epóxico, pero en el momento en el que éstos dejan al descubierto el acero de un lado a otro del muro representa graves problemas, pues indica bloques de concreto que deben demolerse.

Los problemas de desgarres se presentaron en éste caso debido a las elevadas temperaturas que se tuvieron además de la repercusión en los bajos rendimientos del personal.

El problema que significan las altas temperaturas es solucionable, en algunos casos se puede usar hielo en la mezcla de concreto, solución no aplicable dado que se tenían fuertes cantidades de producción y no se lograría proveer el suficiente; la otra solución viable es agregar un aditivo retardante al concreto, pero en la práctica real el uso de éste tipo de sustancias es deficiente y podría presentarse el caso en una longitud como ésta que la mala dosificación retardara el fraguado en un punto específico al grado que por la condición de nivel de la cimbra este punto se vaciara al encontrarse el concreto en estado plástico. La solución viable y en éste caso la ejecutada fue aumen-

tar la eficiencia en la producción y acelerar el suministro de concreto para evitar que el fraguado se presentara dentro del molde.

Otro aspecto importante del planteo inicial de necesidades fue la elevación de concreto que se llevó a cabo con malacates, pues aún cuando el volúmen requerido podía ser elevado con bombas de concreto, el área tan grande de vaciado impedía tener una descarga concentrada, además de lo económico que resultan 12 malacates contra el costo de una bomba.

Lo anteriormente mencionado refuerza el hecho de contar con una planeación estricta y detallada de las actividades a desarrollar, pues una vez iniciado el deslizado el ritmo y la imposición de una rutina hacen difícil un cambio y por tanto la repercusión es en el costo. Además la visualización de las opciones para la solución de problemas planteados al programar los trabajos permite resolverlos de una manera sencilla y económica,

Existen conceptos que resultan vitales para la ejecución del trabajo y uno de ellos a mi juicio el más importante es el hecho de tener al personal en turnos de 12 horas continuos sin interrupción en sábados y domingos, pues ese ritmo los obliga a cambiar sus hábitos de trabajo y hace necesario facilitarles transporte, comida etc. concepto que tambien debe considerarse en la planeación de recursos.

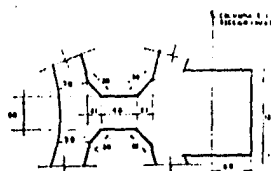
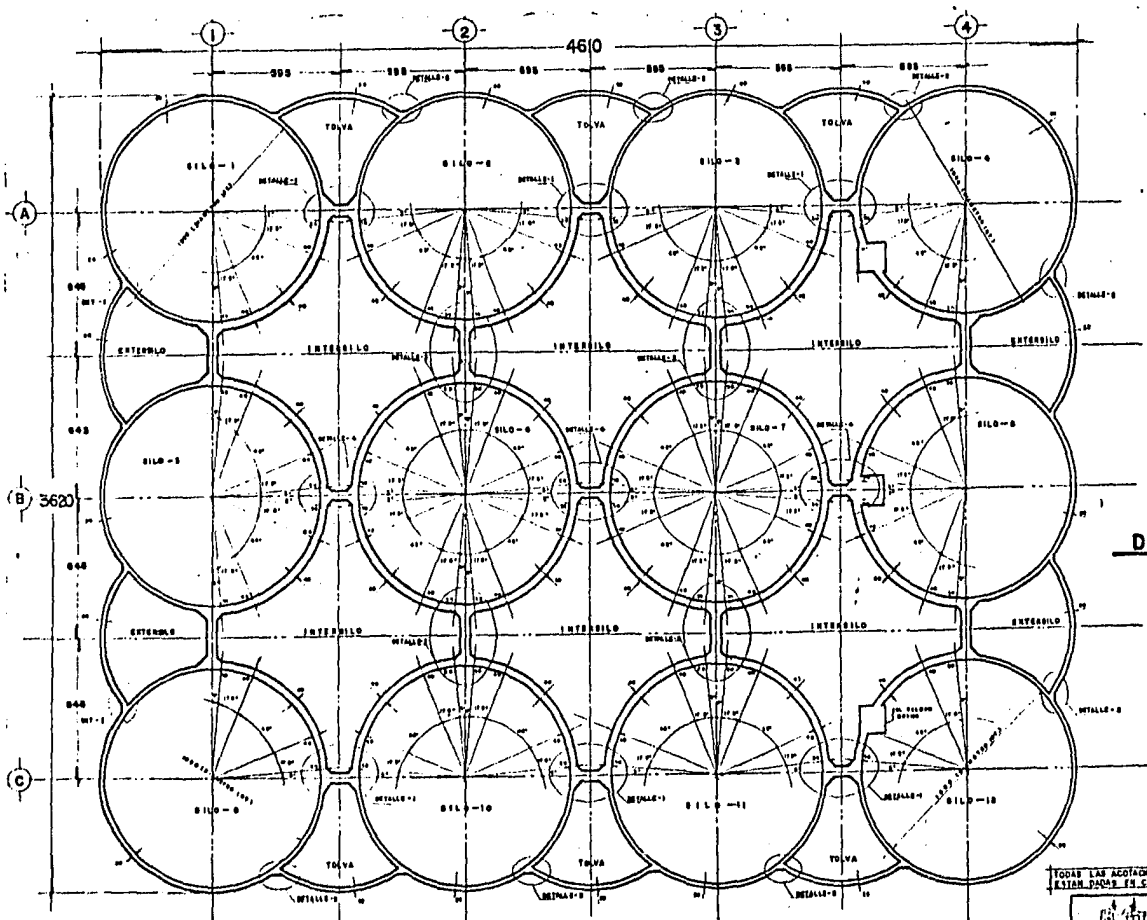
Referente a la cimbra en sí resultó ser de gran economía el que el molde fuera reutilizable en la segunda batería, pues aunque el porcentaje de desminución se puede valorar en 25% por el costo directo de la cimbra, lo que beneficia de esto es el permitir que los recursos permanezcan en el sitio de trabajo para un volúmen mayor.

El costo es evidentemente bajo, como se refiere en el - capítulo III.4, el tener una gran cantidad de superficie beneficiosa la amortización de los recursos dispuestos ya que el costo disminuye solo en el tiempo de deslizado y los preparativos permanecen idénticos.

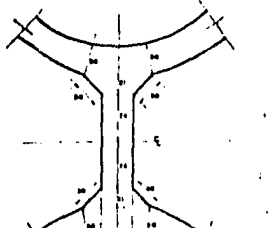
Los requerimientos en cuanto al desplome de la estructura se cumplieron satisfactoriamente dado que la batería es de gran rigidez y no permite que las tendencias de cargas se acentúen, aunque en el desarrollo hubo que tener precauciones dado que las cargas no se presentaron simétricas el control impuesto permitió su detección inmediata y su control.

El procedimiento resultó ser de gran utilidad y produjo un costo bajo puesto que repercutió en la colocación del acero y del concreto, aspectos que no se ilustran en el presente trabajo dada su intención de enfatizar en la cimbra deslizando. - Resalta el aspecto del conocimiento del proceso constructivo - para que desde el proyecto hasta la ejecución se enfoquen para aprovechar las ventajas del sistema.

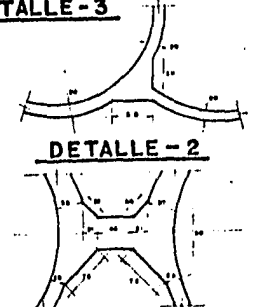




**DETALLE-4**



**DETALLE-3**



**DETALLE-2**



**DETALLE-1**

**GEOMETRIA DE LA PLANTA DE MUROS** ESCALA 1:75  
**PLANTA NIVEL N+ 9.50**

TODAS LAS ADOTACIONES  
 ESTAN POR EL S.O.M.

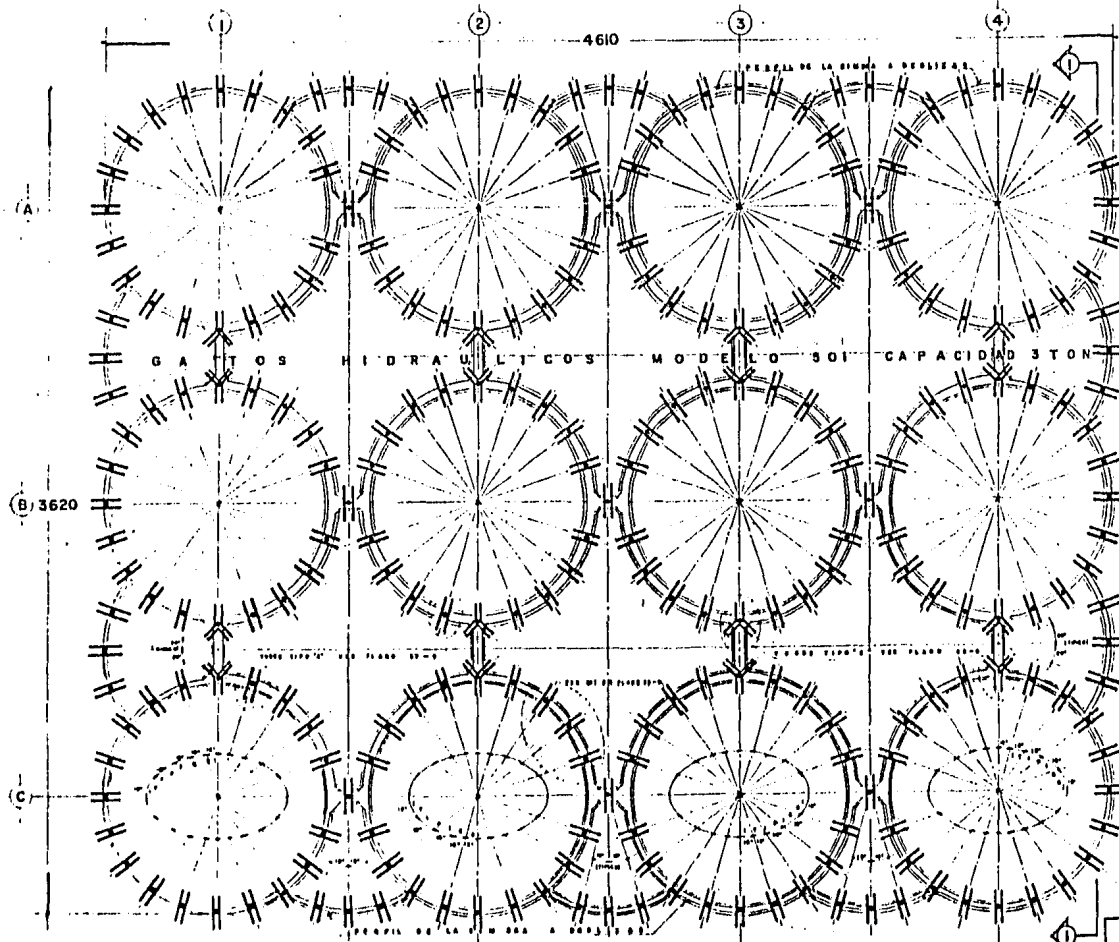
INSTITUCION Y PARTIDO A CARGOS PARA  
 SCT INSTITUCION DE PLANES Y CARGOS EJECUTIVO  
 TRABAJO DE PLANES Y CARGOS EJECUTIVO  
 TRABAJO POSTERIOR A LOS CARGOS EJECUTIVOS  
 SISTEMA DE CUADRO MONITOREO  
 PLAN DE OBRA DE UN MUNICIPIO

1972  
 1973  
 1974  
 1975  
 1976  
 1977  
 1978  
 1979  
 1980  
 1981  
 1982  
 1983  
 1984  
 1985  
 1986  
 1987  
 1988  
 1989  
 1990  
 1991  
 1992  
 1993  
 1994  
 1995  
 1996  
 1997  
 1998  
 1999  
 2000  
 2001  
 2002  
 2003  
 2004  
 2005  
 2006  
 2007  
 2008  
 2009  
 2010  
 2011  
 2012  
 2013  
 2014  
 2015  
 2016  
 2017  
 2018  
 2019  
 2020  
 2021  
 2022  
 2023  
 2024  
 2025









**PLANTA DE DISPOSICION DEL EQUIPO HIDRAULICO**

**SGT**

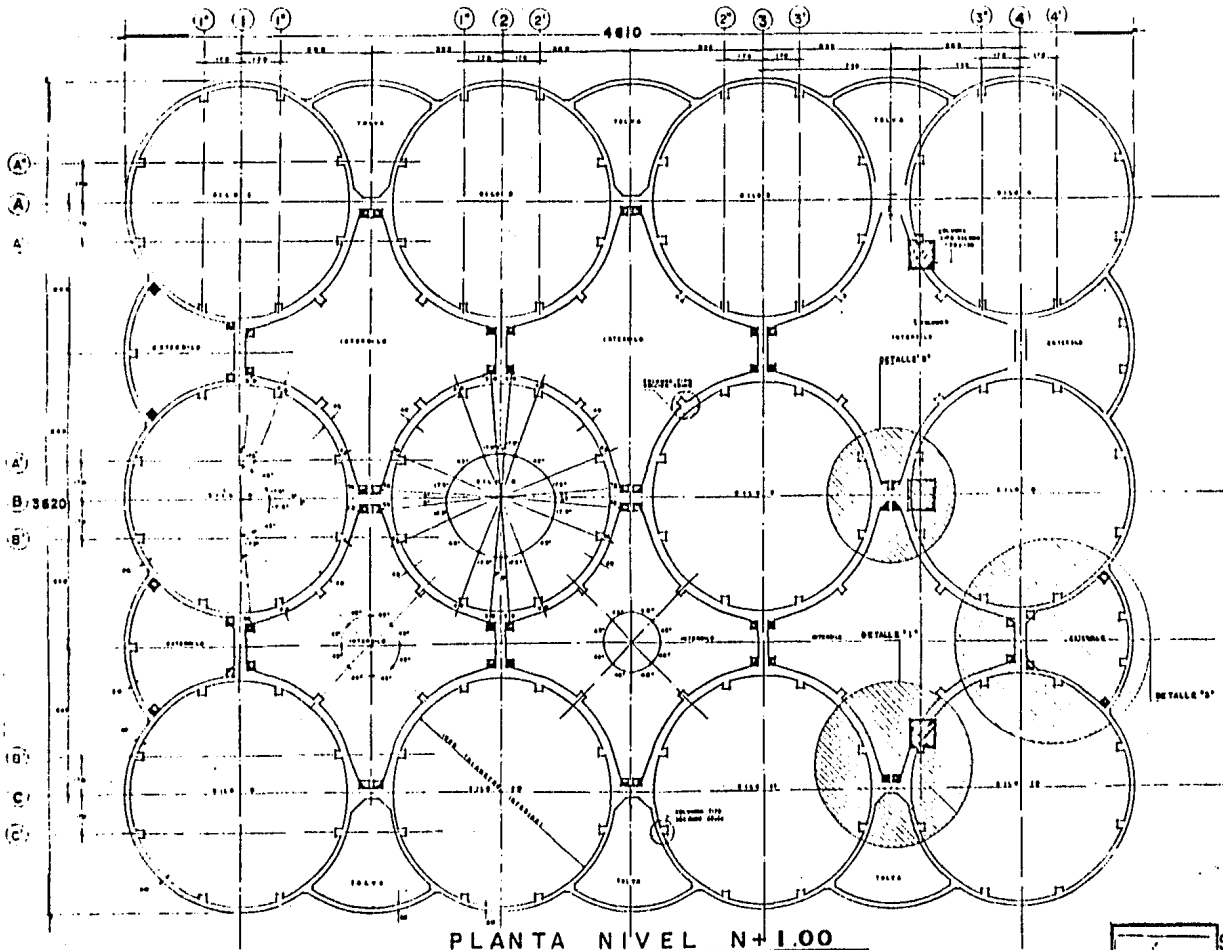
INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A. EQUIPMENT FOR  
 TRANSPORTATION OF PASSENGERS AND GOODS  
 TRANSPORTATION OF PASSENGERS AND GOODS  
 TRANSPORTATION OF PASSENGERS AND GOODS

PLANTA DE EQUIPO HIDRAULICO  
 PLANTA DE EQUIPO HIDRAULICO  
 PLANTA DE EQUIPO HIDRAULICO



**DETALLE - I**





**PLANTA NIVEL N+1.00**  
**GEOMETRIA DE LOS MUROS**

	<b>SCT</b>	SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
		SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
		SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
		SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
		SISTEMA DE BARRAS DE ACERO
		PLANTA DE GEOMETRÍA GENERAL DE LOS MUROS
		LA BATERIA DE BILCÓ

## B I B L I O G R A F I A

- 1) LES COFRAGES GLISSANTS  
Technique et utilisation  
TUDOR DINESCU, ANDREI SANDRU, CONSTANTIN RADULESCO.  
EDITIONS MERIDIANE  
BUCAREST 1968
- 2) DISEÑO DE CIMBRA DESLIZANTE PARA UNA CONSTRUCCION.  
Tesis Profesional UNAM  
José Manuel López Rosas  
MEXICO 1980
- 3) APLICACION DEL SISTEMA "CONCRETOR PROMETO" PARA DESLIZAMIENTO  
DE CIMBRA EN BATERIA DE SILOS PARA ALMACENAMIENTO DE GRANO EN  
LA REPUBLICA DE HONDURAS C.A..  
Tesis Profesional IPN  
Arturo Mondragón Esquivel
- 4) ACI FORMWORK FOR CONCRETE STANDARD 347
- 5) HANDBOOK OF HEAVY CONSTRUCCION  
Havers and Stubbs  
Mc. Graw Hill 1971
- 6) HEAVY LIFTING HIDRAULIC SLIPFORM  
UDDMANN Inc.  
ESTOCOLMO SUECIA.
- 7) GATOS HIDRAULICOS TREPADORES  
AB BYGGING  
Estocolmo Suecia.
- 8) .SISTEMAS TILEMAN DE ENCOFRADOS DESLIZANTES  
TILEMAN & Co.  
Inglaterra
- 9) CIMBRAS DESLIZANTES  
Slipform de México S.A.  
México 1982