



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ACATLÁN

“ EL SISTEMA DE MUROS TILT- UP COMO TÉCNICA CONSTRUCTIVA ”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERIO CIVIL

PRESENTA  
ALFREDO VELÁZQUEZ GARCÍA

ASESOR: ING. MANUEL GOMEZ GUTIERREZ

SEPTIEMBRE DEL 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **ESTE LOGRO SE LO DEDICO A:**

Mi madre quien estuvo conmigo en todo momento entregando todos sus esfuerzos y sacrificios en el día a día hasta culminar este logro.

Gracias madre por que sin ti simplemente no habría sido nada en la vida, ¡Te extraño!.

Mi padre por iniciar en nosotros la idea de estudiar y triunfar, por ser el mejor ejemplo de superación y visualizar en nosotros que todo se puede conseguir si se lucha por ello.

Katia, mi amada y dulce esposa por su comprensión, su gran amor e incansable lucha diaria por fortalecer a nuestra familia, ¡Te amo!.

Mis hijos:

Ximena y Diego por que son la principal inspiración en mí vida para luchar y seguir adelante.

Mis hermanos:

Arturo y Hugo por compartir conmigo su infancia, adolescencia y experiencia en la vida.

A mí asesor:

Por el apoyo, los consejos y el tiempo in condicional empleado en este trabajo y principalmente por su amistad.

A los profesores y sinodales:

Por sus enseñanzas, tiempo y dedicación.

“A un pueblo ignorante puede engañársele con la superstición, y hacérsele servil. Un pueblo instruido será siempre fuerte y libre. “

José Martí (1853 – 1895) Periodista y Escritor Cubano

## INDICE

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO I

HISTORIA DE LOS MUROS TILT – UP .....	1
1.1 Antecedentes de los muros Tilt –up.....	1
1.2 El presente y futuro de los muros Tilt –up .....	3

#### CAPÍTULO II

GENERALIDADES TÉCNICAS DE LOS MUROS TILT – UP.....	17
2.1 Definición de los muros Tilt –up .....	17
2.2 Tipos y formas de los muros Tilt – up .....	19
2.3 Accesorios para muros Tilt –up.....	26
2.3.1 Insertos de izaje .....	29
2.3.2 Insertos de apuntalamiento.....	33
2.3.3 Placas y elementos de conexión .....	33
2.3.4 Placas niveladoras .....	34
2.3.5 Vigas de refuerzo .....	35
2.3.6 Tubos telescópicos de apuntalamiento .....	36
2.4 Tipos de juntas entre muros Tilt – up.....	39
2.5 El muro Tilt – up en obra .....	42
2.5.1 Consideraciones para la distribución del espacio en obra.....	42
2.5.2 Colocación de los muros Tilt – up en obra .....	43
2.6 Síntesis de proceso constructivo .....	44
2.7 Acabados exteriores en muros Tilt – up .....	48
2.8 Edificaciones ideales para construirse con Tilt – up.....	49

#### CAPÍTULO III

##### PROYECTO DE UN EDIFICIO TILT – UP

3.1 Generalidades de diseño .....	50
3.2 Efectos estructurales.....	52
3.2.1 Pandeo por temperatura .....	52
3.2.2 Efecto P - Delta .....	53
3.2.3 Deflexiones.....	54
3.3 Dimensionamiento de muros .....	55
3.3.1 Calculo del espesor.....	55
3.3.2 Muros con vanos .....	56
3.3.3 Acero de refuerzo.....	58
3.3.4 Recubrimiento .....	61
3.3.4 Muros de cortante .....	62
3.4 Diseño de puntos de izaje.....	64
3.5 Diseño de puntales.....	80
3.6 Proyecto Nave Industrial Sigma - Aldrich .....	82
3.6.1 Generalidades del proyecto .....	82
3.6.2 Estructuración.....	84
3.6.3 Análisis y diseño de la estructura .....	100
3.6.4 Cuantificación y presupuesto .....	103
3.6.5 Pedido de materiales.....	113
3.6.6 Programa de obra .....	119

## CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL PORYECTO .....	125
4.1 Generalidades de la obra .....	126
4.2 Organización de la obra .....	126
4.2.1 Organigrama de la obra .....	126
4.2.2 Integración de la residencia .....	129
4.2.3 Obras provisionales .....	129
4.2.4 Suministro de servicios provisionales .....	130
4.2.5 Gestoría de autorizaciones .....	131
4.2.6 Señalización de la obra .....	132
4.2.7 Laboratorio .....	132
4.2.8 Integración de la documentación de la obra .....	133
4.3 Inicio de obras .....	135
4.3.1 Contratos por mano de obra .....	135
4.3.2 Subcontratos .....	136
4.3.3 Apertura de bitácora registro de obra .....	137
4.3.4 Referencias para el trazo y nivelación .....	139
4.3.5 Juntas de coordinación .....	140
4.4 Selección del equipo de construcción .....	141
4.4.1 Trabajo u operación específica .....	141
4.4.2 Requisitos de la especificación .....	142
4.4.3 El tiempo programado para la realización del trabajo .....	142
4.4.4 Modalidad que requiere el equipo .....	142
4.4.5 Identificación funcional del equipo .....	143
4.4.6 Identificación del equipo de trabajo .....	143
4.4.7 Equipo para una obra Tilt - up .....	144
4.4.8 Equipo para trabajo de montaje .....	144
4.4.9 Capacidad de carga del equipo de montaje .....	147
4.4.10 Rendimientos y costos .....	148
4.4.11 Equipo para la producción de concreto .....	150
4.4.12 Equipo para el manejo de concreto .....	150
4.4.13 Equipo para el procesado y mezclado .....	152
4.4.14 Equipo para el transporte .....	153
4.4.15 Equipo de bombeo .....	155
4.5 Proceso constructivo .....	157
4.5.1 Estudio de mecánica de suelos .....	158
4.5.2 Construcción de terracerías .....	160
4.5.3 Construcción de cimentaciones .....	161
4.5.4 Construcción de pisos .....	165
4.5.5 Fabricación de muros Tilt – up .....	176
4.5.6 Montaje de muros Tilt –up .....	184
4.5.7 Estructura metálica .....	190
4.5.8 Cubierta .....	191
4.5.9 Terminación de obra .....	193
4.6 Controles de obra .....	199
4.6.1 Control de avance de volúmenes de obra .....	199
4.6.2 Control de avance de obra ejecutada .....	200
4.6.3 Seguimiento de actividades críticas .....	201
4.6.4 Registros fotográficos .....	201
4.6.5 Integración de documentos para la presentación de avances y cobros .....	202
4.7 Entrega y recepción de obra .....	203

ANEXO PLANOS .....	204
T - 01 Planta predio	
T - 05 Arreglo general	
T - 02 Planta topográfica	
T - 06 Planta niveles de plataforma	
A - 01 Planta cimentación	
A - 02 Cortes generales	
C - 01 Detalles de cimentación	
C - 03 Detalles de cimentación	
C - 06 Detalles pisos exteriores	
E - 01 Armado de muros	
E - 02 Detalles de columnas	
E - 03 Armado de muros	
E - 05 Planta de colocación de colados de muros	
EM - 01 Planta estructural	
EM - 02 Armaduras secundarias nave	
EM - 03 Armaduras principales nave	
EM - 04 Detalles estructurales	
EM - 07 Armaduras secundarias oficinas	
D - 01 Planta lámina	
L - 02 Detalles de lámina e impermeabilización de oficinas	
L - 05 Detalles de fijación de lámina SSR	
Detalles de muros tilt - up	
CONCLUSIONES .....	205
BIBLIOGRAFIA.....	208

## INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria de la construcción una de las más importantes en nuestro país, es de trascendental relevancia el manejo y aplicación de nuevas técnicas constructivas, que permitan dar la seguridad de obtener resultados óptimos en tiempos y costos de los proyectos que se pretendan realizar. En consecuencia, es necesario desarrollar nuevos métodos, que en conjunto con los avances tecnológicos permitan cumplir con las necesidades de calidad, costo y tiempo que cada obra requiere.

En la actualidad es posible observar en México una clara tendencia al uso de modernos procesos constructivos, entre los que se encuentran las obras que se realizan por medio de elementos prefabricados, los cuales ofrecen grandes ventajas en cuanto a tiempo de ejecución de las mismas, un claro ejemplo respecto a estos sistemas constructivos es el caso de los segundos pisos del periférico; pues sino se hubieran usado elementos prefabricados la ejecución de la obra hubiera durado más del doble de tiempo y los costos hubieran sido mayores. Así, en este afán, los prefabricados de concreto cobran importancia en el presente.

De acuerdo con estudios realizados, los prefabricados más antiguos encontrados datan de finales del XIX, con una calidad similar a la actual, pero definitivamente con una producción muy reducida. En el ámbito de los prefabricados de concreto encontramos una amplia gama de elementos como: muros, fachadas, casa, almacenes, así como elementos para equipamiento urbano.

El sector industrial no es la excepción, ya que como todo, sigue desarrollándose, y necesita de la ingeniería civil para cubrir sus demandas de espacios para producción y / o almacenaje en su afán de desarrollarse comercialmente.

Tanto en México como en todo país que tenga un importante desarrollo industrial, se vuelve indispensable la construcción de espacios que permitan el crecimiento de dicho sector. Esto se refiere a la construcción de edificios industriales y comerciales, o bien de parques industriales que alberguen a un conjunto de ellos.

En México predominan los sistemas tradicionales en lo que a construcción de naves industriales se refiere. Sin embargo, empieza a haber una abertura en el mercado por la innovación de los sistemas a base de elementos prefabricados y precolados en sitio, los cuales cada vez cobran mayor importancia.

Uno de estos sistemas es el que se conoce con el nombre de Tilt – up, el cual es cada vez más aceptado en nuestro país, que poco a poco se va dando a conocer entre los diversos sectores industriales que tienen participación activa en México, esto nos hace pronosticar que en el corto y mediano plazo se logra un importante desarrollo de esta tecnología, que además, no sólo se aplicara a naves industriales, sino que también abarca otras edificaciones.

El objetivo de esta tesis es dar a conocer el sistema constructivo Tilt – up, así como hacer un análisis del mismo desde la planeación hasta la ejecución de la obra, tomando en cuenta todos los factores que intervienen durante el proyecto.

Por otro lado se pretende dar al lector la posibilidad de formar su propio criterio respecto al sistema mediante el planteamiento de la técnica y las bases que lo componen, para que se pueda considerar a el Tilt – up como una alternativa más de construcción. El Tilt-up se puede considerar como un sistema de producción en serie, debido a lo repetitivo de su proceso, lo cual representa una ventaja, ya que se reducen costos y tiempo.

El sistema de muros Tilt-up entro en nuestro país en los noventas y sin embargo no ha tenido mucha difusión en México, por tal, motivo, en este trabajo se hará una descripción general del método explicando sus características básicas y los diferentes conceptos que lo componen, mismos que se irán estudiado minuciosamente.

También se hará una revisión detallada del proceso constructivo, ésta abarcará todas las partidas que se deben considerar al realizar un edificio por medio de Tilt – up. Se observarán todos los puntos importantes de cada concepto que participan en las partidas, analizando de manera muy general su diseño. Pero puntualizando muy detalladamente el proceso constructivo y la programación en la obra para una correcta ejecución.

En este trabajo se hará especial énfasis en la planeación de la construcción por medio del Tilt – up. Considerando la bondad que ofrece el sistema en cuanto a la reducción del tiempo de ejecución, se hace necesario apegarse a un estricto programa de obra, basado en una adecuada planeación en la que se consideren todos los factores que intervine y que puedan alterar el cumplimiento de dicho programa.

En el primer capítulo se hizo un desarrollo de la historia de sistema de muros Tilt-up, esto es, cuales fueron sus inicios, quienes fueron sus inventores, y los cambios que el sistema tuvo desde que nace hasta la época actual.

En el segundo capítulo referente a generalidades técnicas de los muros Tilt-up se hace una definición del sistema, y se describen cada uno de los accesorios especiales para este tipo de muros. También se hace referencia a algunos aspectos importantes que se deben tomar en cuenta durante la construcción de la obra.

En el capítulo tres se describieron todas las condiciones estructurales que deben ser consideradas en el diseño de los muros Tilt-up. Sin embargo, no se hará una revisión exhausta del diseño estructural que se emplea en el Tilt-up porque es en este tópico donde radica la patente del sistema.

En el último capítulo se hace referencia a el proceso constructivo el que se ejemplificara con un caso práctico que se realizó en el Parque Industrial Toluca 2000, en Toluca, Estado de México, referente al proyecto Sigma Aldrich, realizado en el primer semestre de 1998.



# Capítulo I

---

## Historia de los muros Tilt - Up

### 1.1 Antecedentes de los muros Tilt –Up

El Tilt – Up es un concepto simple. Se origina hace aproximadamente 2000 años, indudablemente con algunos constructores anónimos que descubrieron lo fácil que sería construir un elemento de dimensiones considerables a nivel de piso y posterior mente levantarlo, montarlo y fijarlo en su posición final.

Una interesante descripción de una antigua técnica similar a lo que hoy conocemos con el nombre de Tilt – Up fue descrita en la obra literaria “ UN LEVANTAMIENTO DEL IMPERIO TURKO” ( A SURVEY OF THE TURKISH EMPIRE), escrito en 1799 por el arquitecto e historiador Wiliam Eton. El describe un método usado en la edad media, para la construcción de arcos de mamposteo cuando la madera para la obra falsa era escasa, esto lo describe el autor textualmente en el siguiente párrafo:

*\*“En Basora, donde no hay madera... Hacen arcos de mamposteo sin ninguna cimbra, el mamposteo lo desplantan guiándose con un semicírculo que trazan sobre el suelo con una cuerda que en un extremo se fija a un centro previamente determinado y en el otro amarran una punta metálica con la cual trazan mediante una marca el semicírculo guía en el suelo, y de esta manera le dan forma a sus arcos, para después levantarlos cuidadosamente...”*

El método ha tenido una gran evolución desde sus inicios hasta nuestros días, y sin duda alguna una de las grandes innovaciones que le hicieron evolucionar a un más fue el descubrimiento y aplicación del concreto reforzado, utilizado para este sistema constructivo a principios del año 1900. El uso del concreto reforzado permitió la construcción de edificios más largos y altos.

---

\* “ Tilt – Up Dising and Construcción Manual “, Hugh Brooks, Concrete Association.

La primera evidencia de Tilt – up en Estados Unidos data de principios de 1900. Uno de los pioneros del mismo fue Thomas Edison, un científico no muy conocido en ese tiempo. Edison planteó que la construcción de los paneles Tilt – up elimina la costosa y difícil práctica de construir dos paneles de madera para poder generar un muro de concreto. En 1903, el mismo Edison construyó varias residencias en Meniow Park, New Jersey, con este sistema. Poco después, dejó el ámbito de la construcción para invertir su tiempo en otras innovaciones.

En los años veinte, el arquitecto y contratista Robert Aiken utilizó una plataforma de construcción para moldear los paneles. Con la cara externa hacia arriba. Aprovechando el concreto fresco, Aiken empleaba formas premoldeadas arquitectónicas para darle terminados diferentes a los paneles. Una vez que el concreto estaba endurecido, se levantaba la plataforma por medio de gatos hidráulicos, luego se colocaban una serie de soportes de madera para que los paneles no se cayeran, y posteriormente se deslizaban en los cimientos. Se repetía después el mismo procedimiento con el siguiente panel. Por consiguiente los números en las cuentas de producción eran bajos y las obras que se realizaban con el método del arquitecto Aiken eran esporádicas.

No fue sino hasta finales de 1940 que aparecieron dos de los elementos fundamentales en el proceso constructivo de los muros tilt – up que son: “La grúa de montaje” y “el concreto premezclado”, que hicieron al método más rápido y fácil.

Con la evolución de la grúa, el concreto premezclado y con toda la gente que llegó a California después de la segunda guerra mundial, sobrevino el apogeo de la Tecnología tilt – up. Como California estaba muy lejos de las fábricas de acero, era preciso innovar y poner en práctica un nuevo tipo de construcción que utilizara materiales locales y trabajadores con poca experiencia. Así hubo oportunidad para el sistema tilt – up, que creció en popularidad.

Algunos de los primeros pioneros del sistema tilt – up en el sur de California eran las firmas de: Buttress and McClellan, William P. Henil, William J. Moran, Burton F. Dinsmore, E.S. McKittrick, O.K. Earl, John Alexander, y otros. En 1958 el ingeniero F. Thomas Collins, fue quien publicó el primer manual sobre la construcción de muros tilt – up publicado con el nombre \* “Building With Tilt – Up”.

(Ver figura 1.1).

Entre los años cincuenta y setenta, el sistema se expandió rápidamente en la costa oeste y el suroeste de los Estados Unidos, y también en las provincias del suroeste de Canadá. Durante esa época muchos fabricantes empezaron a innovar creando productos exclusivamente para el sistema tilt –up. Se creó el material necesario para enlazar el panel con la grúa y se diseñaron los insertos para sostener los paneles hasta que la estructura permanente fuera conectada. La industria química también empezó a fabricar productos desmoldantes que ayudaron a que los muros de concreto moldeados en el piso de la obra no se pegaran con el concreto del mismo.

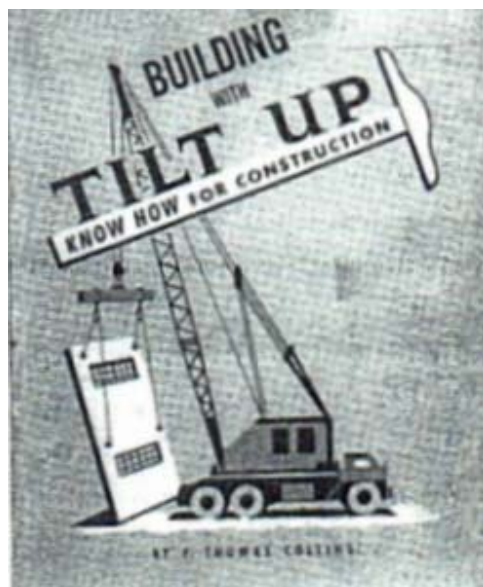


Figura 1.1

Desde los setenta hasta el presente, se ha visto la expansión del sistema tilt – up en la mayor parte de los Estados Unidos y otras regiones del mundo, como Canadá, Brasil, Colombia, Australia y México.

---

\* “ Tilt – Up Dising and Construcción Manual “, Hugh Brooks, Concrete Association.

En nuestro país fue introducida en 1990 y muy pronto, con el auge de las maquiladoras en la frontera norte de la república, algunas empresas buscaron esta alternativa menos costosa y más rápida, ofrecida por firmas estadounidenses para construir sus plantas industriales.

Uno de los acontecimientos más notables fue la investigación que realizó la asociación de cemento de los Estados Unidos cuando construyó un panel a escala para demostrar la capacidad estructural del mismo para sostener el techo y los pisos intermedios en proyectos de varios pisos. Este experimento dio lugar a la creación de formulas empíricas que ayudaron a ingenieros estructurales a emplear los paneles como parte estructural del proyecto. Evidentemente, esto ayudó a que la estructura fuera mucho más económica.

## **1.2 El presente y el futuro de los muros Tilt – Up.**

Hoy en día las construcciones hechas con muros tilt – up son duramente criticadas y son llamadas por algunas personas con el nombre de cajas largas similares a las industrias construidas a finales de los cuarentas y principios de los cincuentas.

Pero a pesar de todo esto, hoy en día son claros los ejemplos de la abundancia y variedad de edificios construidos con este sistema, que rompen con los diseños hechos en sus inicios. De acuerdo a lo registrado por “The Tilt – Up Concrete Association”, cerca de veintiocho millones de metros cuadrados de edificaciones tilt – up son construidas al año, lo que equivale a la construcción de 6000 a 7000 edificios. Y los números se mantienen creciendo ya que más arquitectos, ingenieros, contratistas y empresarios se han dado cuenta de las diversas ventajas del método de muros prefabricados y montados en obra para la construcción de plantas industriales, comerciales, escuelas, bancos, hoteles y otros tipos de construcciones.

Un estimado de 1000, 0000 edificios de tipo tilt – up se han construido hasta enero del 2003. Si todos los muros tilt – up construidos hasta la fecha fueran cuantificados serian 50, 000, 000 de muros montados que darían diez vueltas alrededor del mundo de principio a final.

\* Algunos datos sobre el tilt – up pueden ser interesantes. Aquí hay algunos ejemplos:

### **Los tilt – up más extensos del mundo:**

- La construcción de una bodega con una superficie de 158,000 m<sup>2</sup> que fue hecha en Columbus Ohio.
- Los centros comerciales Target, Stuart Draft con una distribución de 143,000 m<sup>2</sup> construidos en Virginia.
- El centro de distribución Tark Truken hecho en Ontario California con una superficie de 76, 000 m<sup>2</sup>.

### **Los paneles más pesados:**

- Fueron hechos para una bodega en San José California, con un peso de 28 toneladas cada panel.

### **Los paneles más altos:**

- Se fabricaron para una iglesia en Huston Texas y su altura fue de 28 m.
- En Ontario Canadá se construyeron muros de 12 m de altura.

---

\* “ Tilt – Up Dising and Construcción Manual “, Hugh Brooks, Concrete Association.

Y en general en el resto de los países donde se utiliza el sistema se han construido edificaciones de dimensiones promedio en altura, peso y superficie ocupada.



*Figura 1.2 Nave Industrial Spieegel/Baur.Columbus. Ohio.*

A continuación mostramos algunos datos de construcciones hechas en los últimos años:

- 60% son Industriales / Unidades habitacionales/ Centros de distribución.
- 10% son Oficinas
- 20% son Centros comerciales
- 10% Otros

**\* De las anteriores edificaciones el:**

- 36% fueron hechas en California
- 11% en Florida
- 20% en Texas
- 20% en Oregon y Washington
- 1% en Estados del Norte
- 3 % en Virginia del Norte
- 9% en Estados del Sur

Según los datos anteriores más de una docena de muros son negociados al día, en donde del 10% al 60 % representan un mercado no residencial en los Estados Unidos. Esto refleja el gran crecimiento y la plena oportunidad de desarrollo; pero para capitalizar los meritos de sistema tilt – up deben comercializarse y hacerse del conocimiento público para ser vendidos.

En algunas áreas de nuestro país, el tilt – up es aceptado como una forma de construir a bajo precio los edificios industriales y comerciales en el centro y sureste de México por ejemplo, algunas regiones están muy poco familiarizadas con el tilt – up, y son especialmente esas áreas que ofrecen la oportunidad para su comercialización.

\* “ Tilt – Up Dising and Construcción Manual “, Hugh Brooks, Concrete Association.

Hoy por hoy, el tilt – up compite con uno o dos edificios en el mercado, con técnicas como son la albañilería, la estructura metálica y las estructuras de madera, las cuales ofrecen una gran competencia.

Los métodos tradicionales de construcción de naves industriales, por lo general utilizan block en la parte inferior y lámina en la parte superior, con un marco rígido para su estructura, ubicado en todo el perímetro para sostener la techumbre. Obviamente, éste no brinda muchas opciones par el diseño arquitectónico y posteriormente las láminas tiende a corroerse, en tanto los muros de block se dañan con los impactos de los montacargas dentro de las plantas o se suscitan múltiples problemas de mantenimiento.

Algunos prefieren los prefabricados de concreto en exteriores e interiores y, en ocasiones, no usan lámina, pero conservan el marco rígido con columnas perimetrales y una estructura de acero más pesada.

#### **\* Ventajas que ofrece el sistema tilt – up:**

- **Calidad:** Los edificios construidos con el sistema tilt – up pueden incorporar las últimas tecnologías y la experiencia de diseños innovadores y construcciones nuevas.
- **Rapidez de construcción:** Los sistemas de ingeniería y productividad en serie permiten ahorro en tiempo y mano de obra.
- **Economía:** Tilt – up ofrece u excelente producto en términos de construcción, operación e inversión.
- **Libertad de diseño:** En apariencia y función, cada proyecto es diseñado para satisfacer las especificaciones, necesidades y gustos del cliente.
- **Versatilidad:** Las edificaciones tilt – up son fáciles de modificar para acomodar nuevas aberturas o ampliaciones evitando con esto demoliciones.
- **Financiamiento:** Por la duración natural del concreto, los proyectos tilt – up son preferidos por las instituciones bancarias.
- **Venta posterior:** Los edificios de concreto mantienen la apariencia, la integridad estructural y el valor.
- **Economía térmica:** Las propiedades térmicas del concreto y la ayuda de varios sistemas de aislamiento reducen al mínimo los costos de energía.
- **Factores de filtración:** Los edificios de concreto son impermeables al aire , reduciendo las oscilaciones de calor y frío .
- **Reducción de mantenimiento:** La durabilidad del concreto y el detalle en la construcción reducen los costos de mantenimiento.
- **Utilización del piso:** Por lo general el piso es aprovechado durante la fabricación de los muros pues es usado como cimbra, muros sin columnas permiten la libre localización de puertas y estantes.
- **Resistencia al fuego:** Los muros de concreto, que están reforzados con acero, ofrecen una barrera natural a las fuerzas destructivas del fuego interior y exterior.

---

\* “ Tilt – Up Systems “, CON/STELL, Revista mensual, 2005.

- **Seguridad:** Los muros reforzados con acero presentan un obstáculo sólido al vandalismo y la entrada ilegal.

- **Reducción del ruido:** Las propiedades de los muros de concreto para aislar el ruido son buenas.

El sistema es muy conveniente por que emplea menos material para formar los elementos de lo muros, los cuales soportan cargas del marco estructural y el techo, elimina la necesidad de la transportación pues los paneles se moldean en obra, y facilita el posicionamiento de todas las instalaciones que van en el panel ya que se hacen de manera horizontal y no vertical. Estas ventajas no sólo ahorran costos sino también ayudan a terminar el proyecto en menos tiempo.

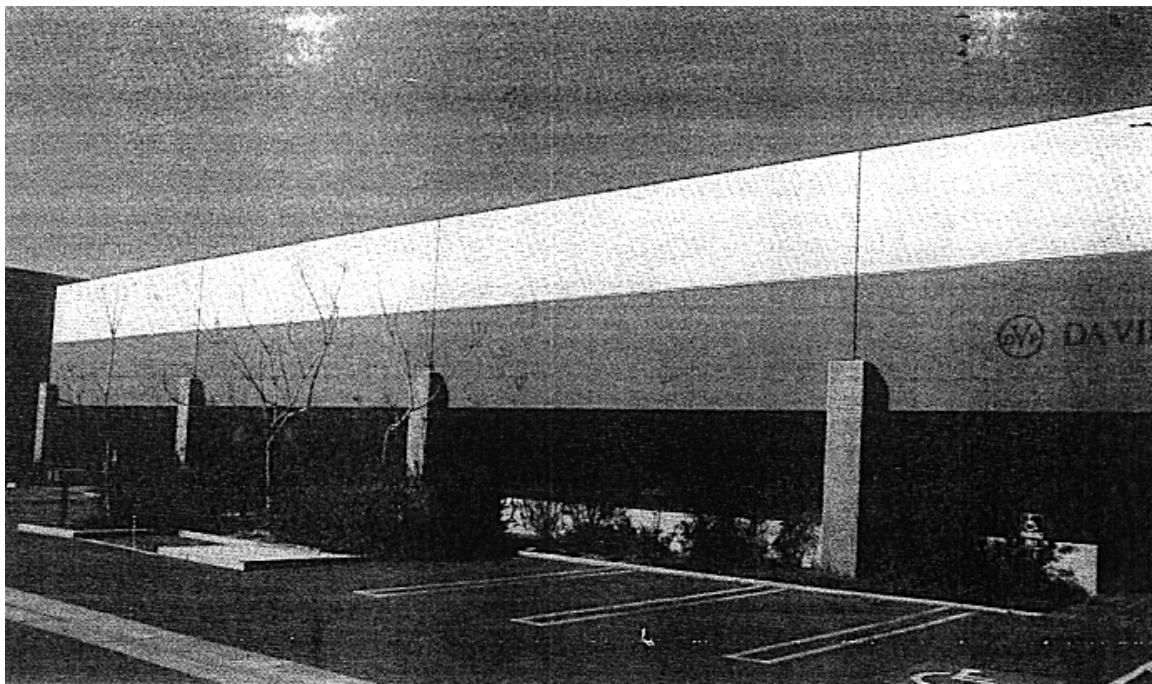
El uso de tilt – up se esta extendiendo en regiones donde era virtualmente desconocido en años atrás, el internet ha contribuido en el aumento del número de diseñadores y constructores experimentados en este sistema. Con todas estas ventajas y mercados, sin duda esta creciendo aceleradamente. Así que el tilt – up en un futuro dependerá de las innovaciones que los que se dediquen a la construcción hagan de este método de construcción más eficaz y practico. A continuación presentamos algunas de las edificaciones construidas con este sistema en el mundo:



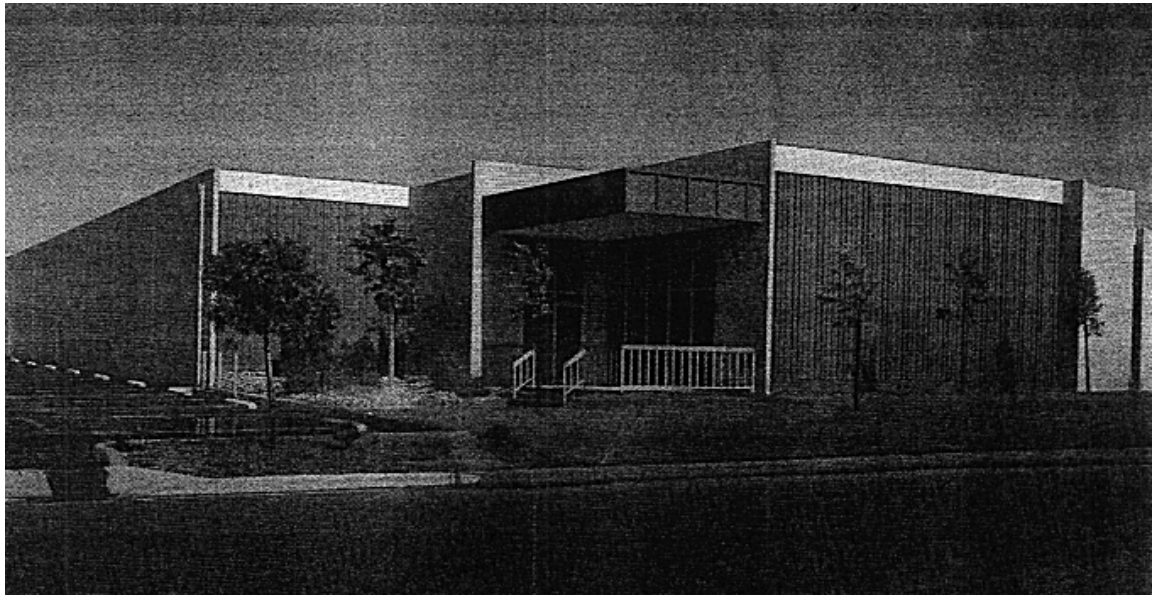
*Figura 1.3 Nave Industrial LOB.Ontario. Canada.*



*Figura 1.4 Nave Industrial Morton International.Toluca. México.*



*Figura 1.5 Nave Industrial D V A.Montreal. Canada.*



*Figura 1.6 Nave Industrial Grupo O' Donell. Oueretaro .México.*

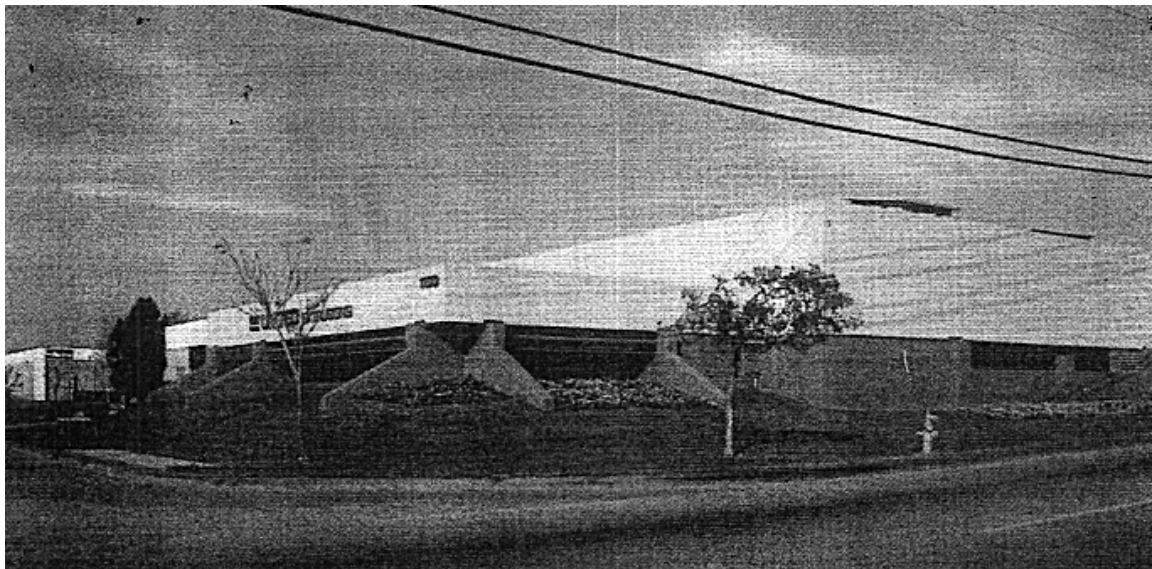


*Figura 1.7 Nave Industrial General Electric. Pasteie. México.*

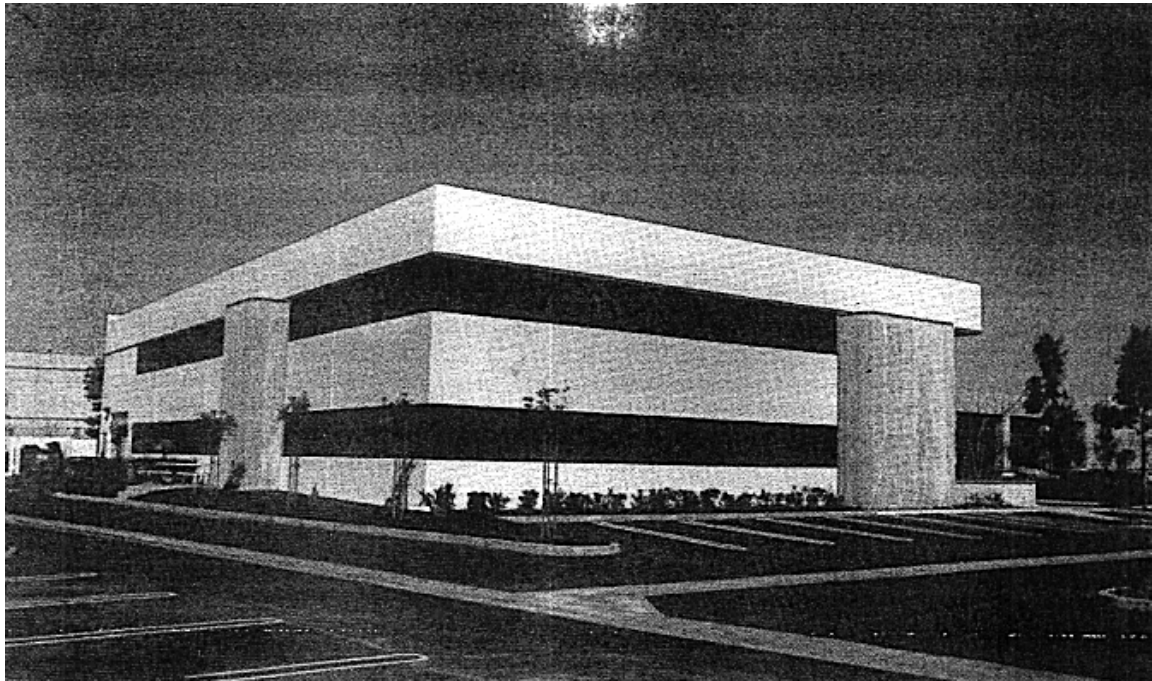




*Figura 1.8 Nave Industrial Davto Superior. Santa Fe Sprins. California.*



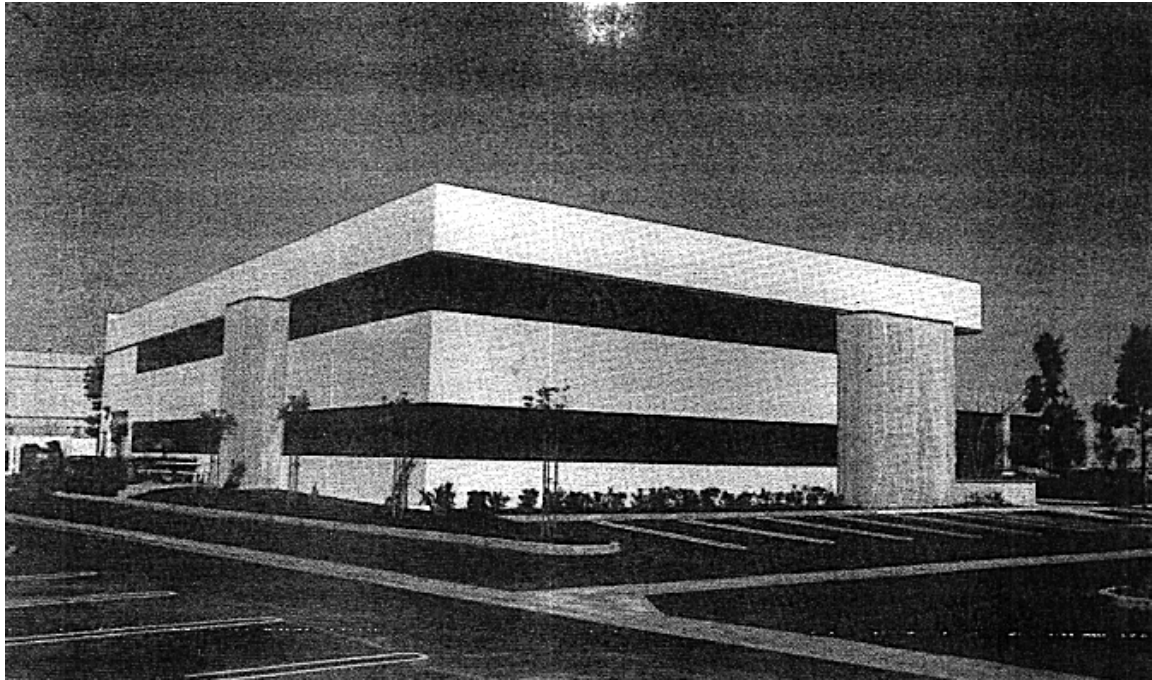
*Figura 1.9 Nave Industrial Pfincer. Orlando. Florida.*



*Figura 1.10 Nave Industrial Vervatim Corporations, Melbour, Australia.*



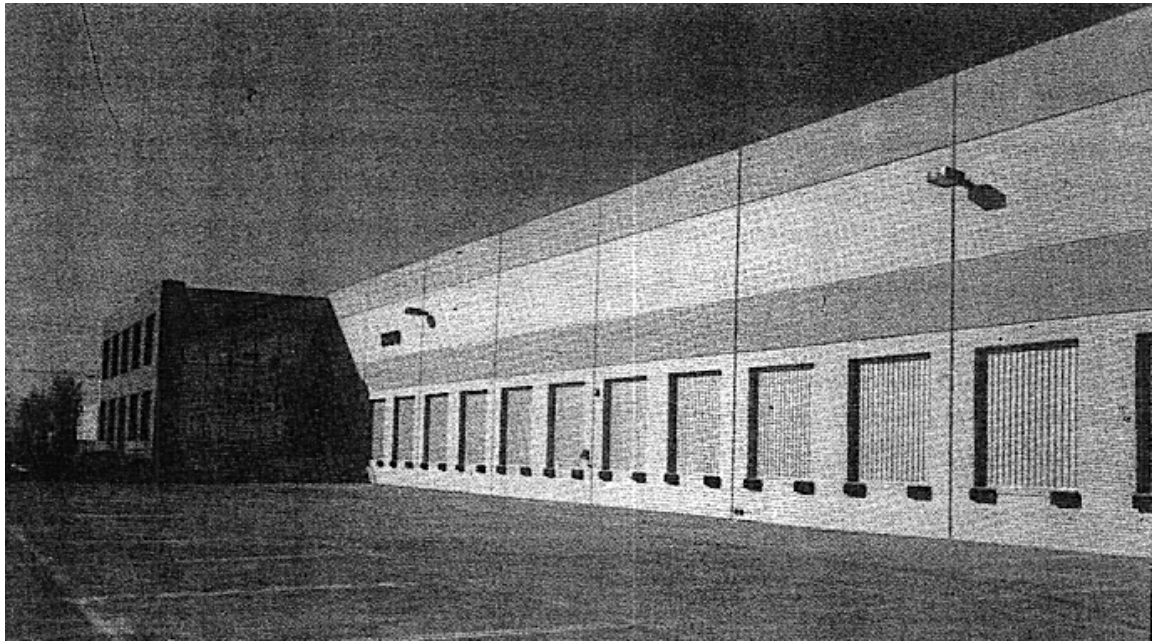
*Figura 1.11 Nave Industrial Clarion, Queretaro, México.*



*Figura 1.12 Nave Industrial Vervatim Corporations, Melbour, Australia.*



*Figura 1.12 Nave Bruke Corporations, Houston, Texas.*



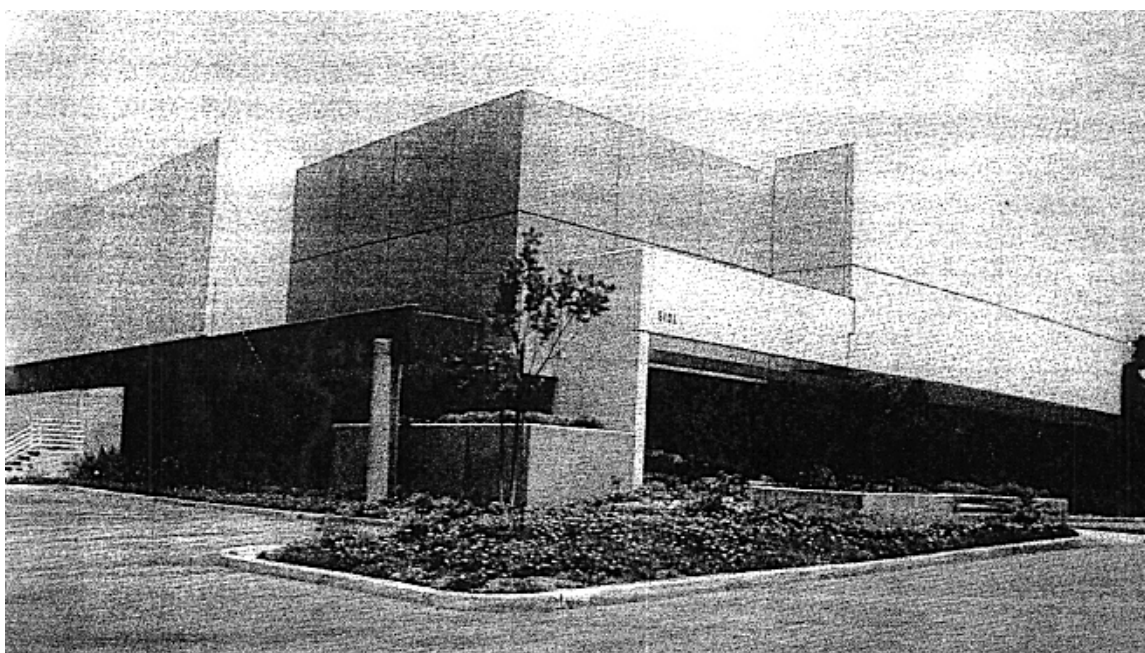
*Figura 1.13 Nave Industrial IUSA Fotwear, Pasteje , México.*



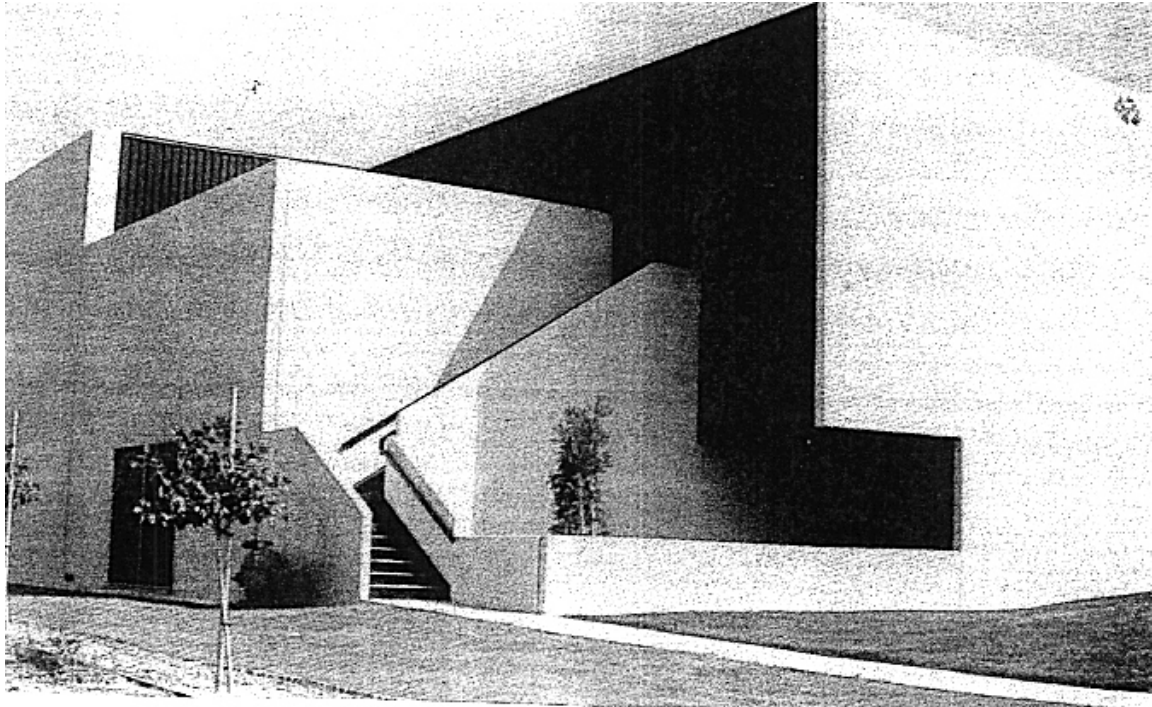
*Figura 1.14 Nave Industria Electrolux, Toluca, México.*



*Figura 1.15 Edificio de Oficinas Sony, San Diego, California.*



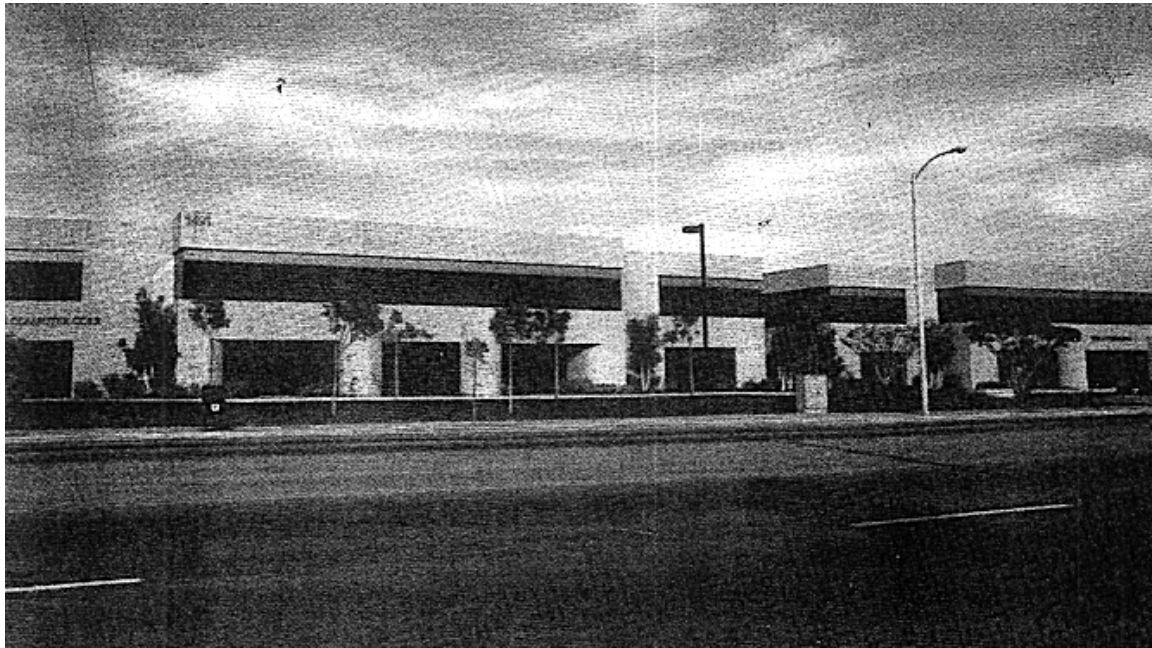
*Figura 1.16 Corporativo IUSA, Puebla, México.*



*Figura 1.17 Oficinas P.C.I., Dallas, Texas.*



*Figura 1.18 Nave Industrial Purina, Querétaro, México.*



*Figura 1.19 Nave Industrial Rhom am Hass, Santa Monica, California.*



*Figura 1.20 Nave Industrial Eaton Aeroquip, Querétaro, México.*



*Figura 1.21 Oficinas Sigma, Querétaro, México.*



## Capítulo II

---

# GENERALIDADES TÉCNICAS DE LOS MUROS TILT – UP.

### 2.1 Definición de los muros Tilt – Up.

Tilt – up es un método para construir edificaciones como naves industriales, centros comerciales u oficinas hasta cuatro niveles basado en muros o losas armadas de concreto prefabricadas en el lugar, en donde una placa de concreto es colada sobre otra que normalmente es el futuro piso del edificio, y la segunda placa será uno de los muros. Una vez colada y fraguada esta placa (ya que el concreto adquirió la resistencia necesaria), se levanta por medio de una grúa hasta una posición vertical y se coloca en su posición final donde servirá como muro. Por medio de un aditivo se impide que la segunda placa se adhiera a la placa de piso que sirvió como base. Durante el armado del muro se colocan unas anclas llamadas insertos que quedan ahogados en el concreto y sirven para que en ellos se coloquen los ganchos de la grúa y, está pueda levantar los paneles. Una vez colocados en su sitio definitivo, los paneles se apuntalan provisionalmente por medio de tubos telescópicos de acero que se ajustan a la longitud necesaria, esto es hasta que se coloca la techumbre, la cual funciona como diafragma estructural e impide el movimiento de los paneles.

El Instituto Americano del Concreto ACI, define el sistema constructivo “Tilt –Up”, como una técnica de construcción con muros de concreto reforzado, los cuales son vaciados horizontalmente en la obra, cerca de su posición final, después son levantados por una grúa (Rotándolos alrededor de su borde inferior), para posteriormente izarlos y llevarlos a su posición vertical final.

Actualmente la construcción con Tilt-up es comúnmente usada para edificios comerciales de uno y dos niveles, sin embargo, cada vez cobra mayor importancia la construcción de edificios de tres y cuatro niveles.

Por medio de este sistema se pueden construir edificios para diversos fines, tales como:

- **Naves industriales y almacenes:** Este tipo de edificación es muy común para construirse mediante Tilt-up, normalmente tiene una altura de 6 a 9 metros y corresponde muy bien al ancho del panel más económico que es de 14 a 19 centímetros de espesor. Típicamente las edificaciones de este tipo son de forma rectangular y tienen áreas libres muy grandes, andenes largos y en ocasiones espacio para oficinas. El sistema tilt-up se acopla perfectamente a estas necesidades.
- **Centros comerciales y de recreación:** Gracias a su flexibilidad en cuanto a diseño y a la ventaja que ofrece para proporcionar casi cualquier tipo de acabado o apariencia, su uso en este tipo de edificaciones está cobrando gran importancia actualmente.
- **Edificios residenciales y de oficinas:** En los edificios que se destinan a usarse como multifamiliares, hoteles, moteles, condominios y oficinas son normalmente modulares en su estructura por lo que prestan perfectamente para ser construidos con este sistema.

Con este método, en terrenos estables, no se requieren cimentaciones especiales o de gran consideración, con zapatas corridas y/o aisladas muy simples y sencillas que son vaciadas directamente en el terreno, es suficiente.

Los muros tilt-up, no sólo forman parte del perímetro del edificio, también pueden ser utilizados como muros divisorios en el interior de la nave y de esta manera también contribuyen a bajar cargas de la estructura metálica que forma parte del diafragma estructural y carga al sistema de techo.

El sistema también ofrece la ventaja de poder colocar aislamiento especial en los muros cuando estos son colados, esto evita que esta actividad se tenga que realizar independientemente para cuando se colocan los acabados de la nave, lo que se traduce en ahorro de tiempo y mano de obra.

Otra de las características básicas del sistema es que trabajar los muros en el piso se está hablando de que más del 70% de la obra se realiza en el suelo, lo que lo hace menos costoso y reduce los riesgos en el trabajo.

También gracias a este método se logra minimizar la cimbra y se reduce el uso de equipo pesado, obteniendo como resultado un gran ahorro de tiempo y mano de obra que también se convierte en economía sin restar calidad al trabajo, por el contrario, la calidad a través del sistema tilt-up es mayor.

Puede pensarse que es necesario equipo muy especializado para erección de paneles, sin embargo esto es una falacia, ya que estos se modulan de manera que no excedan el peso establecido por la capacidad de carga de la grúa.

Para ser un poco más específico, este trabajo de tesis se enfocará principalmente a los edificios realizados con tilt-up destinados a almacenes o naves industriales, con el objetivo de hacer más notorias sus características, ventajas y limitaciones.

## 2.2 Tipos y Formas de los muros Tilt – Up.

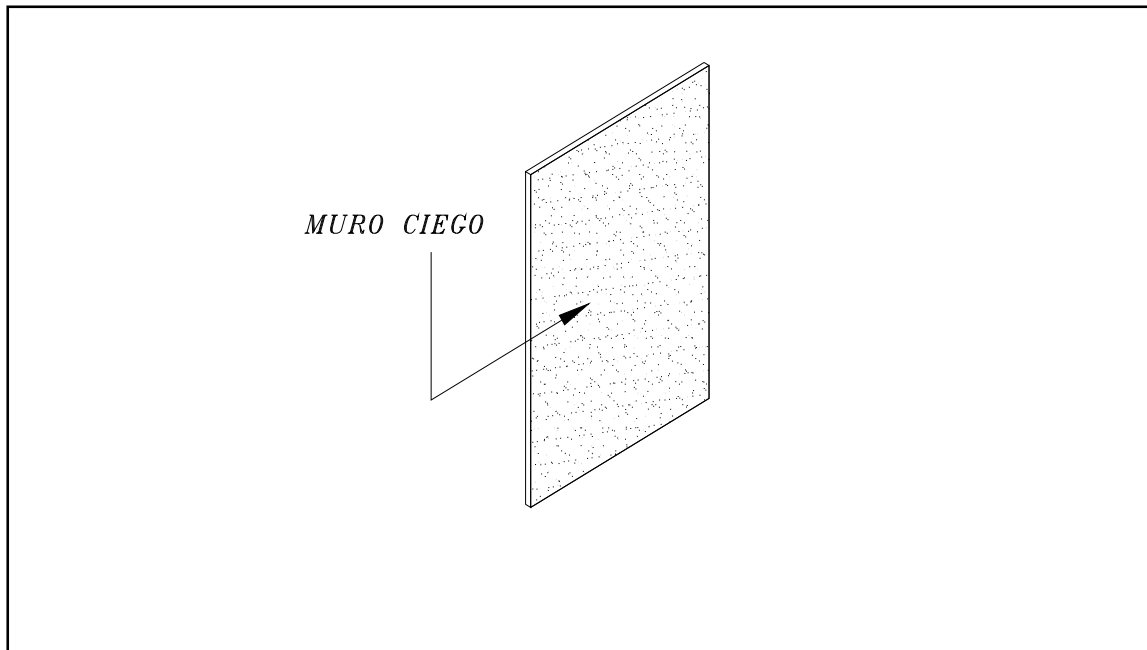
Una de las cualidades más significativas de los muros tilt – up es la variedad de formas, tipos, acabados y texturas que pueden adoptar, es decir, el muro tilt – up se adapta a las características y necesidades del proyecto arquitectónico. En realidad el tipo y la forma que se le pueda dar al muro tilt – up depende básicamente del costo y de su comportamiento estructural.

En forma general los muros tilt – up se clasifican según su tipo en:

- a) **Muros continuos ó ciegos**
- b) **Muros discontinuos ó abiertos**
- c) **Muros de cerramiento ó lintel**

### a) Muros continuos o ciegos:

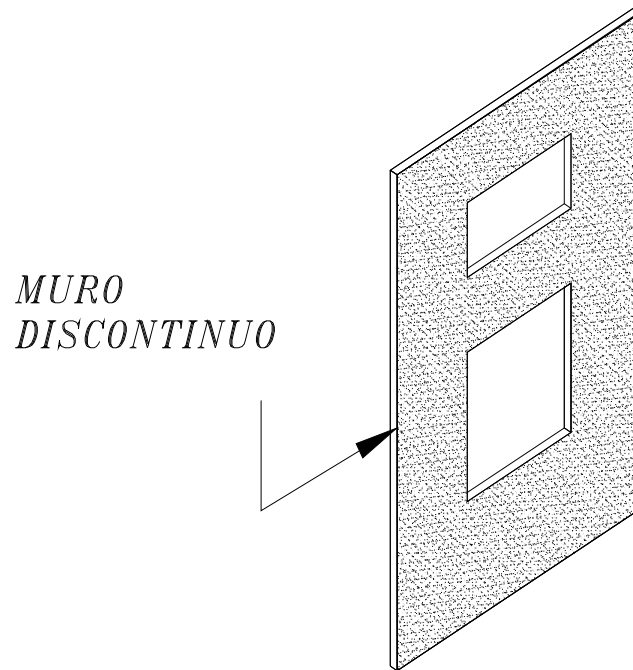
Es el muro al que no se le habilita con vanos para recibir elementos de cancelería como son ventanas, puertas, cortinas metálicas, orificios para ductos etc. (ver figura 2.1)



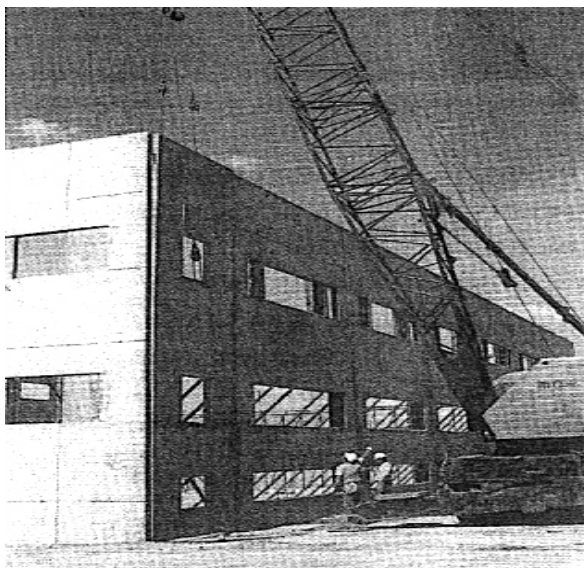
*Figura 2.1 Esquema de un muro ciego.*

**b) Muros discontinuos o abiertos:**

Es el muro al que si se habilita con vanos para recibir elementos de cancelería y entradas para instalaciones especiales (*ver figuras 2.2 a y 2.2 b*).



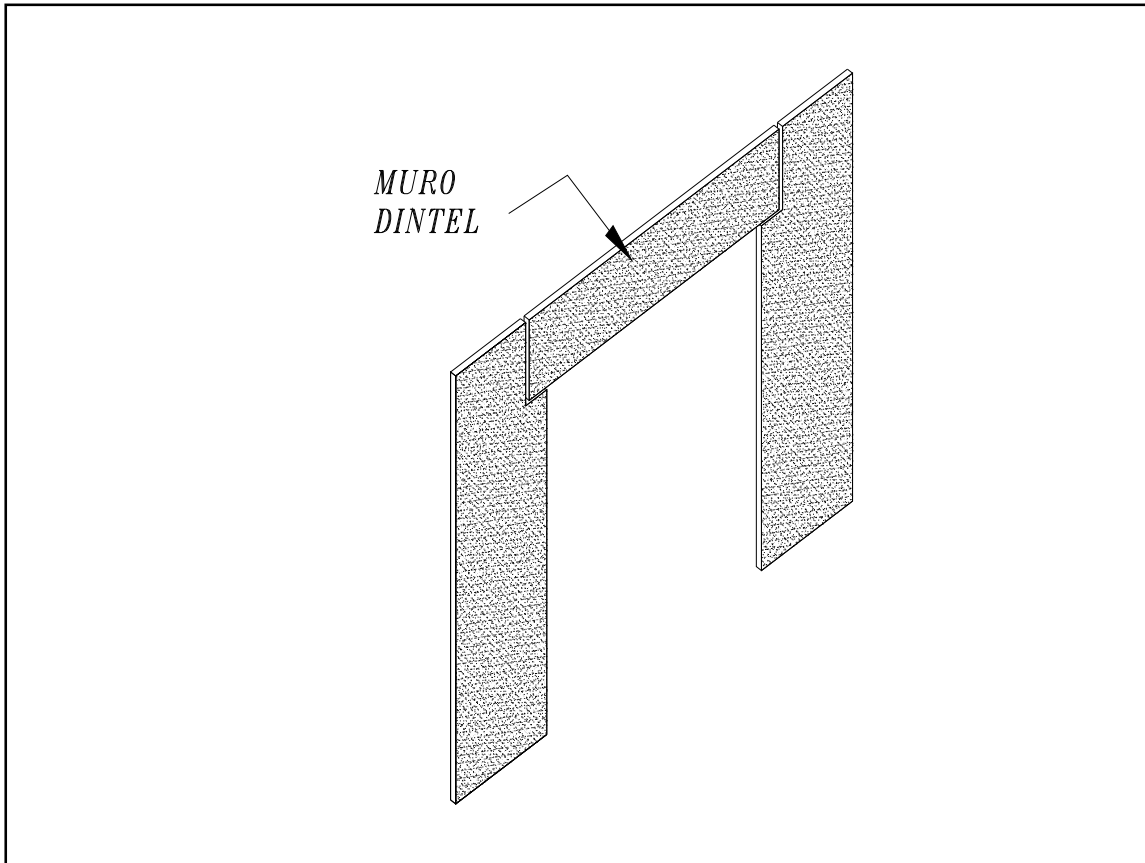
*Figura 2.2 a Ejemplos de un muro discontinuo.*



*Figura 2.2 b  
Ejemplos de  
un muros  
discontinuos.*

**c) Muro de cerramiento ó lintel:**

Es el muro que se coloca como unión entre dos muros y librar con esto espacios no mayores de doce metros ( ver figura 2.3 ).



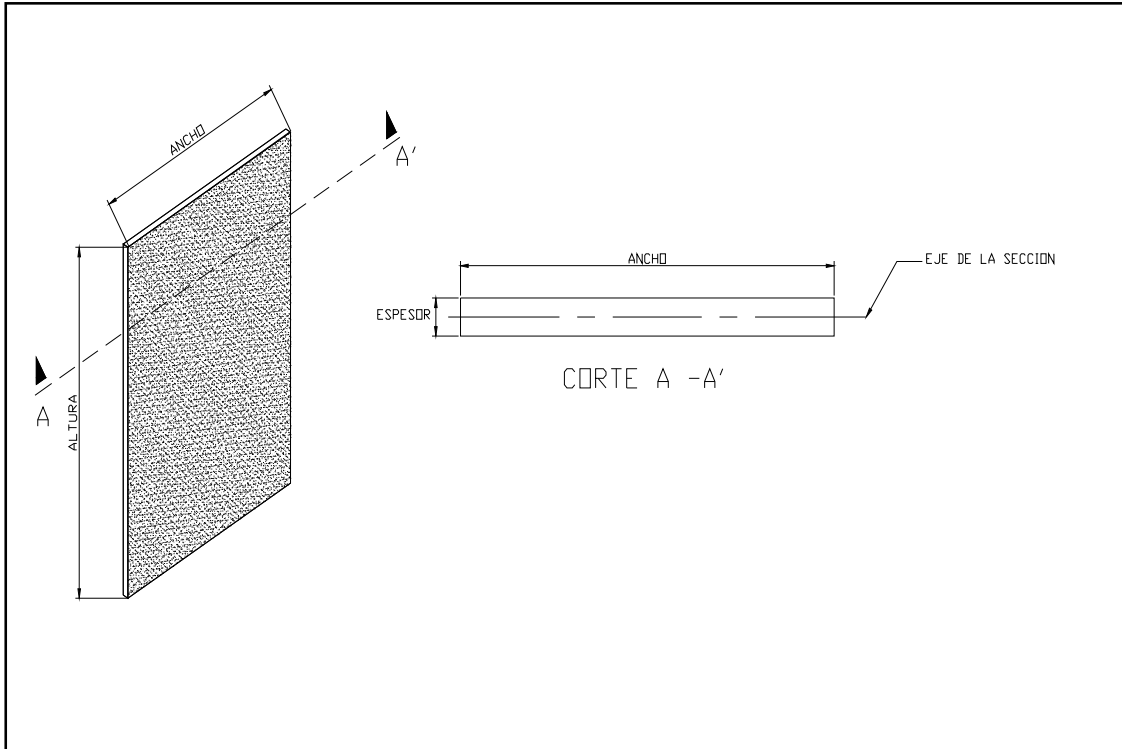
*Figura 2.3 Esquema de muro dintel o de cerramiento*

Atendiendo a su forma los muros TILT-UP no tendrían una clasificación específica, pues el muro TILT-UP se puede construir con cualquier forma geométrica teniendo como límite únicamente, como ya se dijo anteriormente, el costo y el comportamiento estructural del mismo. Por esto la forma más utilizada por su bajo costo de construcción y buen comportamiento estructural es" la rectangular ". La forma rectangular se puede clasificar como:

- a) Muros rectangulares de eje recto
- b) Muros rectangulares de eje curvo

**a) Muros rectangulares de eje recto:**

Son los muros de sección rectangular y eje recto, que se fabrican en obra utilizando en su construcción cimbra recta colocada en el perímetro del muro (ver figuras 2.4 a y 2.4 b).



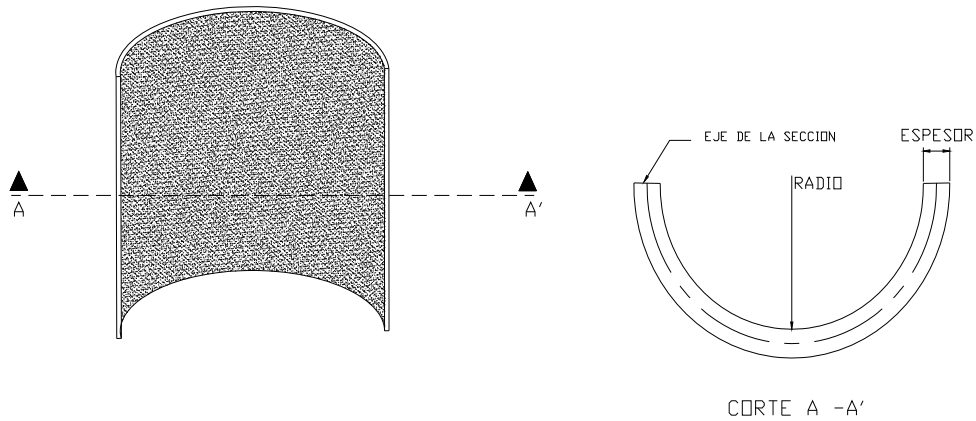
*Figura 2.4 a Esquema de un muro rectangular de eje recto.*



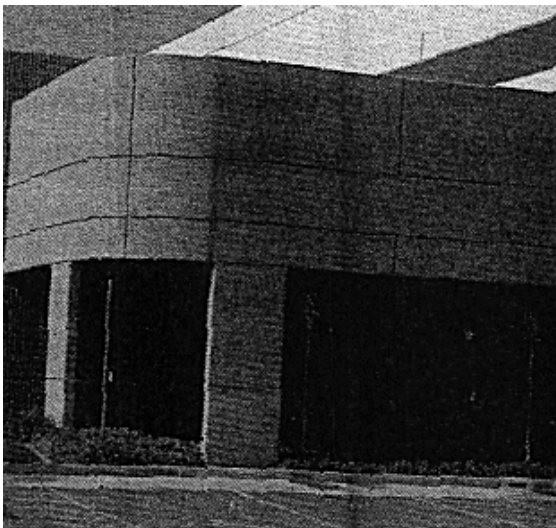
*Figura 2.4 b  
Ejemplo de muros  
rectangulares de  
eje recto.*

**b) Muros rectangulares de eje curvo:**

Son los muros de sección rectangular y eje curvo, que se fabrican en obra utilizando en su construcción cimbra curva o flexible que permita dar la forma al muro, el radio de la curva deberá tener como limite 1.2 m (ver figuras 2.5 a y 2.5 b).



*Figura 2.5 a Esquema de un muro rectangular de eje curvo.*



*Figura 2.5 b  
Ejemplo de muro  
rectangular de eje  
curvo.*

A continuación se presentan algunos aspectos que se deben tener en mente cuando se establecen los tipos y formas que deberán tener los muros de un proyecto determinado:

- **El peso del muro:**

El límite de peso de un muro tendrá como condicionante principal el costo de montaje, pues, como regla empírica la capacidad de la grúa que se utilice para el montaje deberá de ser del doble del peso del muro. Es decir, que a mayor tonelaje mayor costo de montaje. Para determinar de forma fácil el peso de un muro se debe multiplicar el área en pies cuadrados por el espesor en pulgadas, y estos multiplicarlos por 12 para que nos de el peso en pounds (o dividir entre 167 para obtenerlo en toneladas).

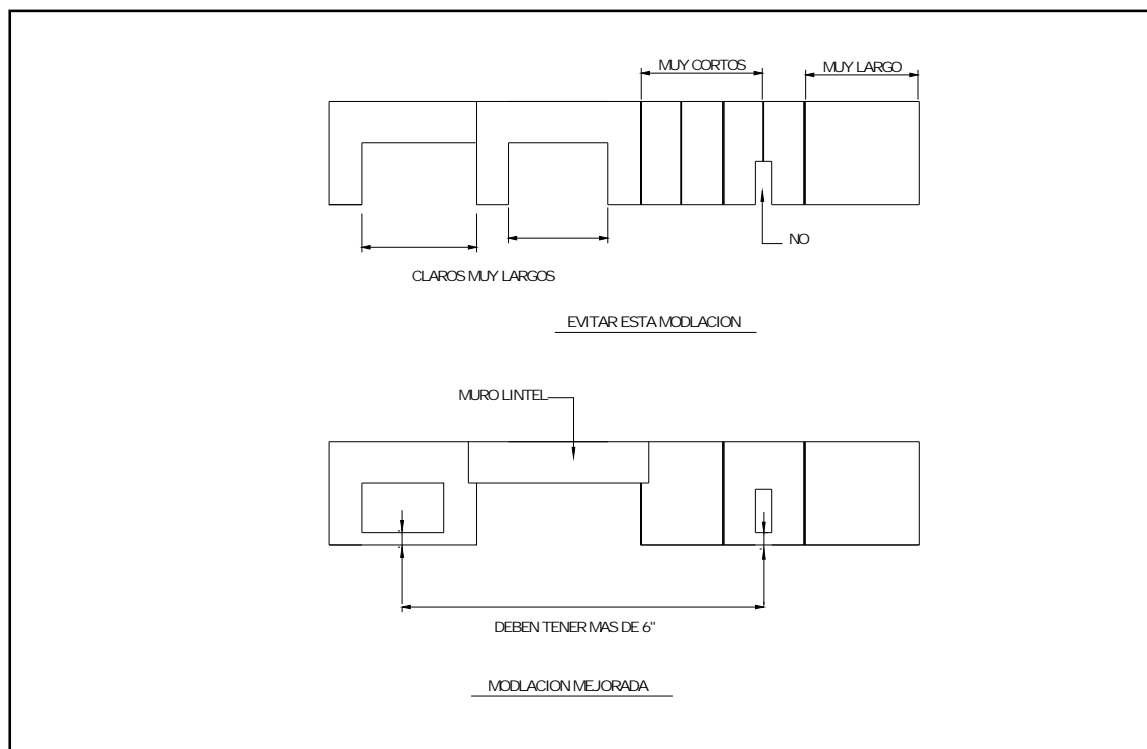
- **Forma del muro:**

La forma rectangular es la más económica y por consecuencia la más utilizada.

- **Vanos de puertas y ventanas:**

Donde hay vanos para puertas y ventanas los muros colocados para formar los vanos para recibir a estos elementos deben cumplir con cierta modulación como se muestra en la **figura 2.6**, en donde nos dice como colocar y combinar a este tipo de muros. Se deberán evitar colocar dos muros discontinuos para formar una puerta de acceso peatonal, estos se sustituirán por un solo muro con el vano integrado al mismo muro; la trabe que se forma entre la parte baja del muro y la y la boquilla baja del vano deberá de ser menor a 203 mm dependiendo del claro de vano a ligar. Para una puerta más grande es recomendable formarla con dos muros laterales de anchos estándar y un muro dintel

No colocar vanos para puertas y ventanas a menos de 46 cm de distancia de los bordes del muro (*ver figura 2.6*).



*Figura 2.6 Comparativa de la modulación de muros discontinuos.*



- **Altura del muro:**

Un panel largo no ocupara gran espacio para ser levantado y colocado como dos paneles cortos, pero las limitaciones del muro largo estaran en su peso que es donde se le pondra la mayor atencion.

- **El muro de cerramiento:**

Este muro se usa con frecuencia en entradas y para dar algunos efectos arquitectonicos. Los limites de este tipo de muros son las longitudes de los claros que tienen que librar, y sus rangos de longitud de no mayor a 12 metros ni menores de 1.5 m.

- **El muro de andén:**

Los muros de andén son del tipo discontinuo o abierto, tienen un metro más de altura que los demás, esto se debe a que por estar en la zona de andén reciben los vehículos con un desnivel de un metro para facilitar la descarga. Por tal efecto este tipo de muro debe quedar ligado a la losa de piso de la nave. Para llevar acabo dicha conexión se dejan ahogados en el concreto del muro otro tipo de inserto en los que únicamente se enrosca una varilla que queda ahogada en el concreto de la losa de piso. Más adelante se describirá esta parte del proceso (ver figura 2.7).

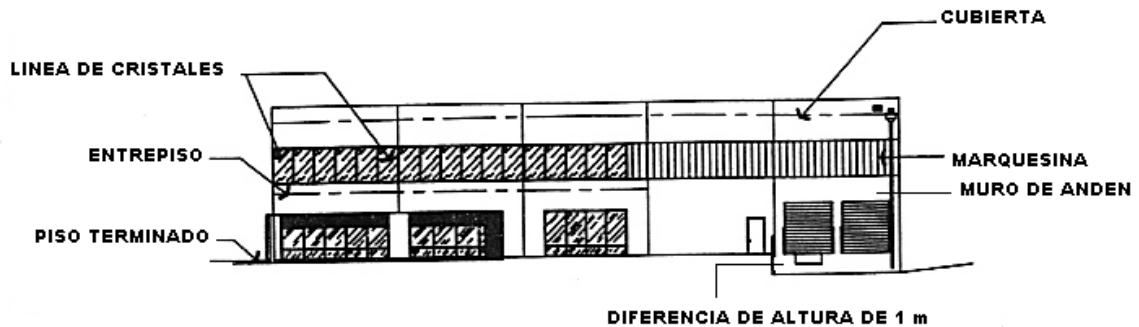


Figura 2.7 Ejemplo de un muro de andén en un edificio.

## 2.3 Accesorios para muros Tilt-up.

EL muro tilt-up con frecuencia cumple con una multitud de funciones durante su montaje y colocación final, y como parte del sistema estructural de un edificio. Además de servir como revestimiento externo, es común que los paneles para muros soporten cargas verticales, horizontales y las más severas que son experimentadas por los paneles durante su izaje. Por lo tanto, se deben diseñar algunos accesorios (conexiones) para que transmitan adecuadamente las variadas fuerzas a las que son sometidos durante su construcción y después de ella.

Los accesorios para muros tilt-up desafían toda estandarización. Las variaciones en los sistemas de techos y pisos, combinadas con las particulares preferencias del diseñador o del contratista, han dado como resultado una gran variedad de tipos y marcas de accesorios. La siguiente exposición es un intento por resaltar algunas de las características comunes de los accesorios y por ilustrar algunos ejemplos típicos de detalles ensayados y probados.

Los accesorios usados en la construcción de muros tilt –up pueden dividirse de manera muy general en cuatro grupos principales:

- Vaciado en obra.
- Metal soldado ahogado.
- Insertos ahogados.
- Insertos taladrados.

### • Accesorios vaciados en obra:

Se hace vaciado secciones de relleno entre los componentes del panel levantado, con varilla de refuerzo traslapada proyectándose desde los extremos del panel. El resultado es una solución muy sólida, pero con frecuencia costosa para conexiones se usa cada vez menos en la práctica actual (*ver figura 2.8*).

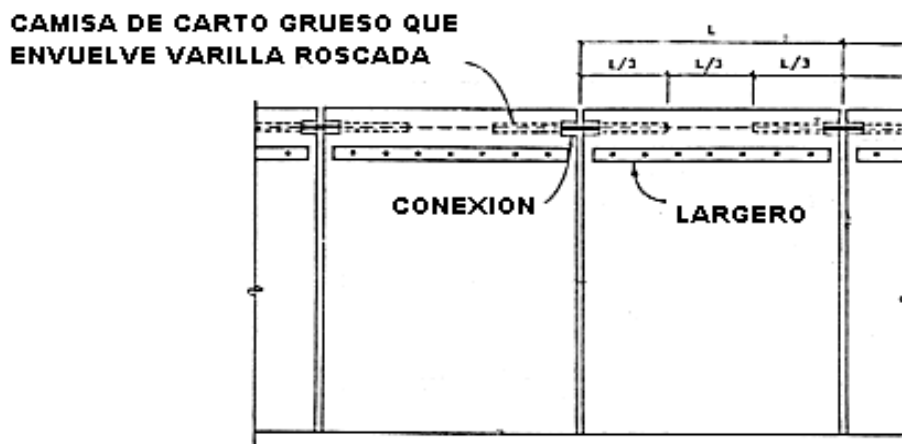


Figura 2.8 Detalle de conexión de tirante de acero embebido en el muro.

• **Accesorios de metal soldado y ahogado:**

Es la conexión más común en para los muros tilt-up. Típicamente se empotra en el panel una placa o ángulo de acero anclados. Las conexiones se hacen por medio de soldadura en campo a las superficies expuestas. Estas conexiones son suficientemente fuertes para la mayoría de las aplicaciones rápidas y económicas (ver figuras 2.9, 2.9 a, 2.9 b).

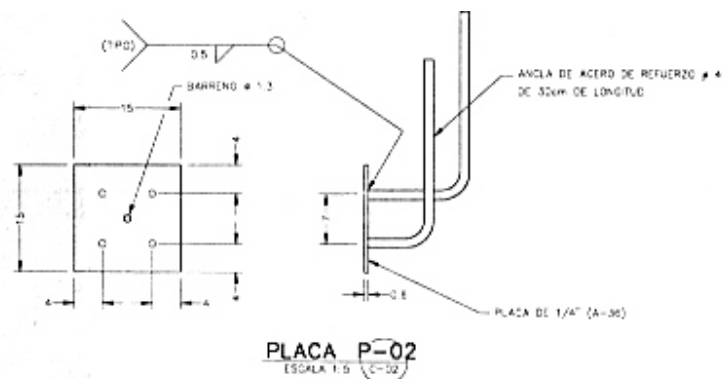
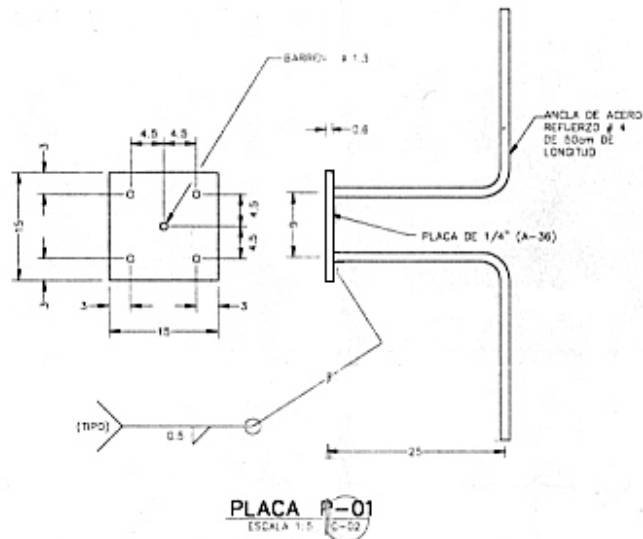
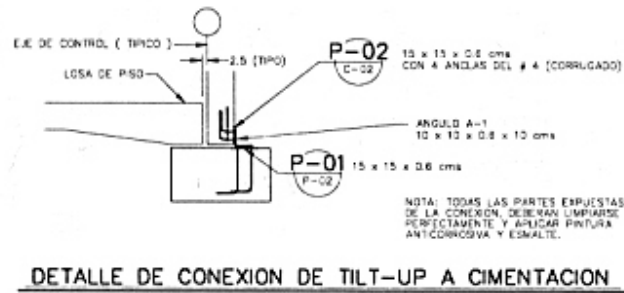


Figura 2.9 Placas para conexión de muro y cimentación.

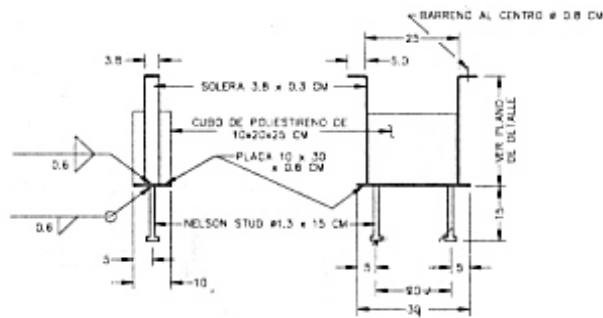


Figura 2.9 a  
Placa de conexión  
muro estructura.

PLACA P-03  
ESCALA 1:10 C-02

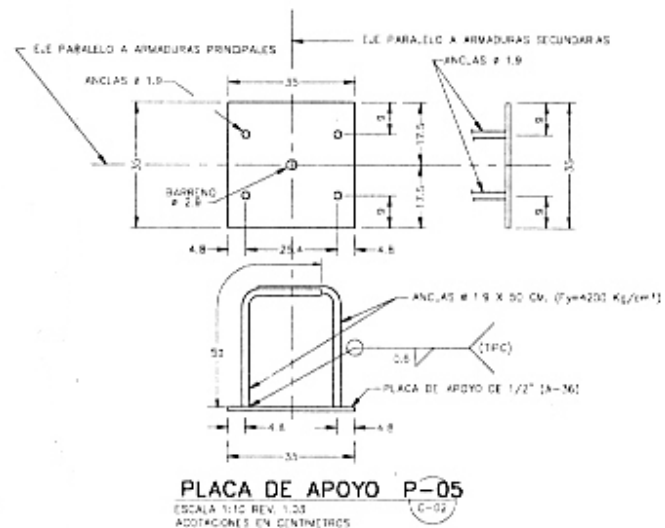


Figura 2.9 b  
Placa de conexión  
columna cimiento.

PLACA DE APOYO P-05  
ESCALA 1:10 REV. 1.03  
ADOTACIONES EN CENTIMETROS C-02

#### • Insertos ahogados:

En forma general se podrían definir como aquellos elementos cuya preparación y colocación se hace antes de colar los muros, fijándolos en el refuerzo del muro y cuya posición final debe ser perfectamente cuidada ya que una vez fraguando el concreto es muy difícil hacerle modificaciones. Existe una gran variedad de este tipo de accesorios; de los cuales hablaremos más adelante.

#### • Insertos taladrados:

Son aquellos elementos que se colocan con la ayuda de taladros, cuando el concreto ya esta endurecido, tales como las anclas de expansión, permiten que se hagan conexiones directamente con pernos. Estos eliminan la necesidad de soldadura en el campo, reducen los requisitos de preplaneación, y proporcionan un medio conveniente para corregir errores. Los insertos taladrados se usan con mayor frecuencia en cargas ligeras o para amarrar elementos no estructurales. Son los accesorios más económicos pero los menos confiables. Deben evitarse en aplicaciones sísmicas o en donde ocurran vibraciones, debido a sus pobres características para cargas cíclicas.

### 2.3.1 Insertos de izaje.

Los insertos de izaje se encuentran comprendidos entre la clasificación de “insertos ahogados”. Estos insertos ofrecen una conexión rápida del panel y una eficiente liberación desde el piso del gancho que lo sujeta. Deben ser propiamente ubicados con relación al centro de gravedad del panel. Este tipo de inserto tiene un sentido de colocación obligado que viene marcado él mismo, y debe ser respetado para que la liberación desde el piso de resultado, de lo contrario fuere necesaria colocar una escalera sobre el muro una vez que esté puesto en suposición vertical para liberar los ganchos.

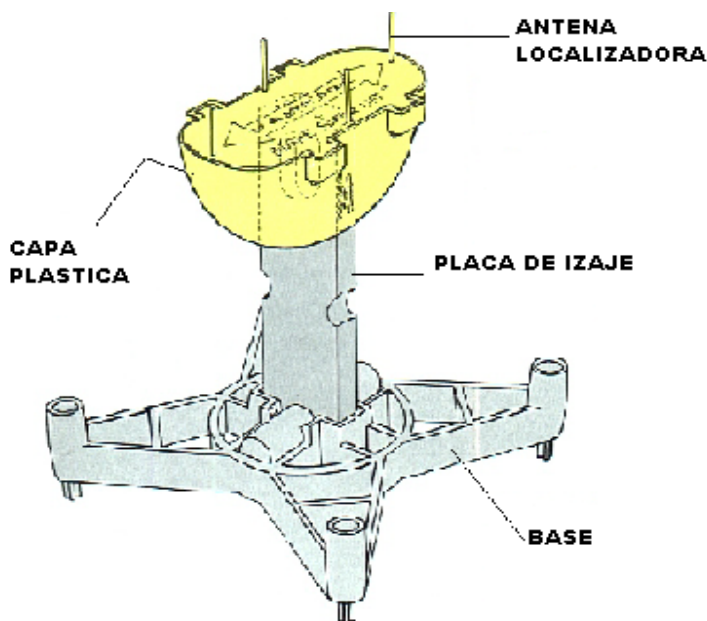
También deben ser propiamente colocados en relación con las orillas, esquinas, aberturas y escalones, a una distancia tal que no sean afectados por la acción del cortante.

Este y cualquier tipo de inserto deben ser bien amarrados para evitar que se mueva o se desplace durante el colado, ya que es muy problemático si algún inserto queda fuera de su posición después de que el concreto ha fraguado, en caso de que el inserto quede fuera de su lugar, se debe buscar la manera de sustituir este punto de izaje.

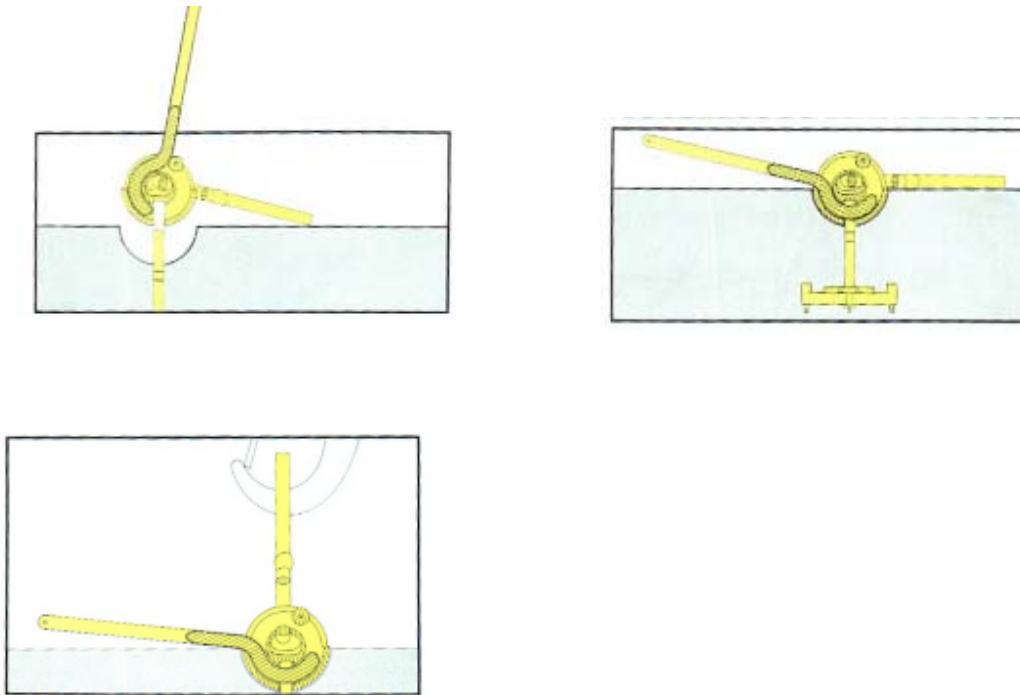
Por otro lado el eje vertical de inserto debe quedar perpendicular a la superficie de levantamiento (piso), y debe ser amarrado, no debe ser soldado ya que esto podría provocar una falla prematura del inserto. Para asegurar un amarre confiable se colocan dos pedazos de varilla sujetos al acero de refuerzo del muro para ser inmovilizados y a su vez sirva de soporte en el amarre del inserto.

#### • Inserto de cara:

Este inserto es propiamente un ancla que queda ahogada en el concreto y que se somete a grandes esfuerzos de tensión. Tiene una pequeña cabeza de la cual se sujeta el gancho de izaje permitiendo el giro del mismo durante la maniobra y una rápida liberación del gancho desde el piso.



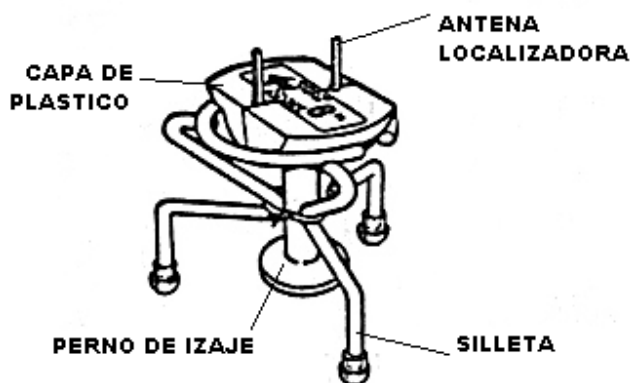
**Figura 2.10**  
*Esquema inserto de cara marca "BURKE"*



*figura 2.11 Colocación del gancho de izaje sobre inserto de cara.*

Cada inserto cuenta con una antena plástica que se dobla al paso de la regla vibratoria durante el colado, pero gracias a su flexibilidad regresa a su posición original para indicar la ubicación del inserto después del colado. También tiene una capa de plástico que funciona como cimbra, formando un hueco alrededor del ancla para permitir la entrada del gancho de izaje, este tapón debe ser retirado antes de dar inicio al montaje.

Sobre esta capa viene colocada una etiqueta que indica la profundidad del inserto en el panel y el sentido adecuado en que debe ser colocado el inserto en el panel \* (ver figura 2.10 y 2.12).



*Figura 2.12  
Inserto de cara  
marca "DAYTON"*

\* " Precast – Prestressed Concrete Handbook ", Hugh Brooks, Concrete Association.

• Selección de este tipo de insertos:

Espesor del panel (cm)	Largo del inserto (cm)	Cargas admisibles (kg)
13.00	9.50	3,629
14.00	11.00	4,536
15.00	12.00	5,440
17.00	14.00	6,800
18.00	14.00	6,800
19.00	14.00	6,800
20.00	14.00	6,800

Para la colocación de los insertos de izaje se usan porcentajes de la altura y del ancho de cada panel de acuerdo al tipo de arreglo que se use en los estrobos (cables) y la viga de izaje. Estos porcentajes están basados en la hipótesis de que el muro sea sólido y sin huecos, de lo contrario deben ajustarse con relación al centro de gravedad del panel cuando este tenga huecos para ventanas y/o puertas, o cuando existan otros elementos que cambien la posición del centro de gravedad. De lo anterior se observa claramente la estrecha relación que existe entre la determinación de la posición de los insertos y el arreglo a utilizarse para el montaje de los muros. En todos los casos la línea central de la barra de distribución debe estar alineada con el centro de gravedad del panel.

Los porcentajes para cada tipo de arreglo están en función del espesor, la altura y la carga muerta del panel, además se deben considerar los esfuerzos de tensión por flexión que tendrá cada muro. Los paneles serán levantados de manera segura solo cuando “el esfuerzo de tensión por flexión calculado sea igual o menor que el esfuerzo por flexión permisible en base a la resistencia del concreto ( $f'c$ ) al momento de levantamiento. Algunos de los arreglos de los insertos en combinación con los estrobos, así como, su comportamiento estructural serán abordados en capítulos subsiguientes.

El complemento del inserto de paño para izaje es “El Gancho de Liberación”. Es un instrumento metálico que sujeta al inserto. Consiste en un gancho que sujeta directamente al ancla o inserto; este gancho tiene un estribo o asa que acepta todos los accesorios convencionales de la grúa (grillete). También tiene una pestaña que recibe pasadores de seguridad de 1cm de diámetro y previene la liberación accidental del gancho. La inserción de pasador de seguridad a través de la pestaña dentro del gancho indica que el gancho fue bien colocado y fijado al inserto. Además cuenta con una cadena de liberación o en su defecto una cuerda trenzada de polietileno de 1.27 cm de diámetro, pero en cualquier caso debe tener una longitud suficiente para llegar al piso. La carga admisible del gancho es de 6,800.00 kg (ver figura 2.13).

Figura 2.13  
Gancho de liberación  
Marca “DAYTON”.



• **Inserto de borde:**

En ocasiones es necesario levantar algunos muros por el borde superior debido al tipo de maniobra que se tenga que realizar, para este caso se usan unos insertos llamados "insertos de borde". Este tipo de insertos presenta el inconveniente de no ser de liberación desde el piso, ya que esta basado en dejar ahogada en el concreto a una serie de anillos en espiral que forman una cuerda gruesa a manera de tuerca y que permite la entrada de un tornillo especial (de cuerda gruesa), el cual, a su vez, sujeta un grillete de izaje el cual enganchado por los aditamentos de la grúa para lograr el levantamiento, tales insertos se muestran a continuación \* (ver figuras 2.14, 2.14 a, 2.14 b).

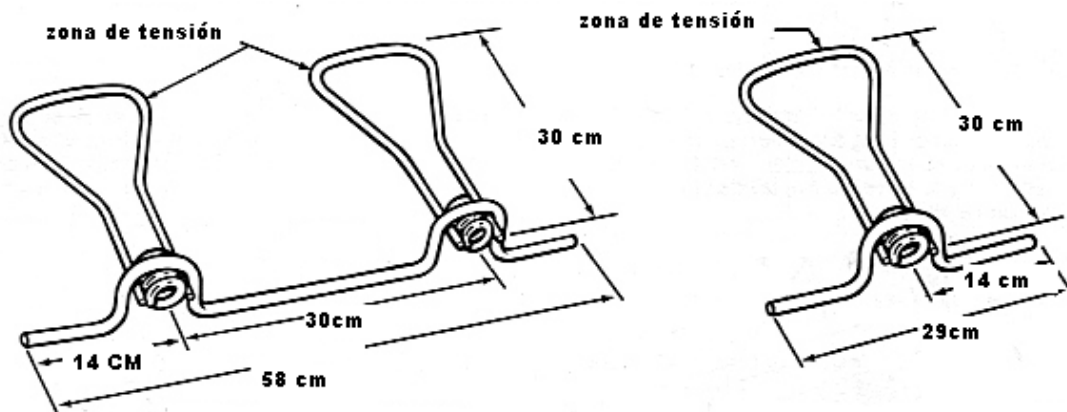


Figura 2.14 Inserto de borde sencillo y doble.

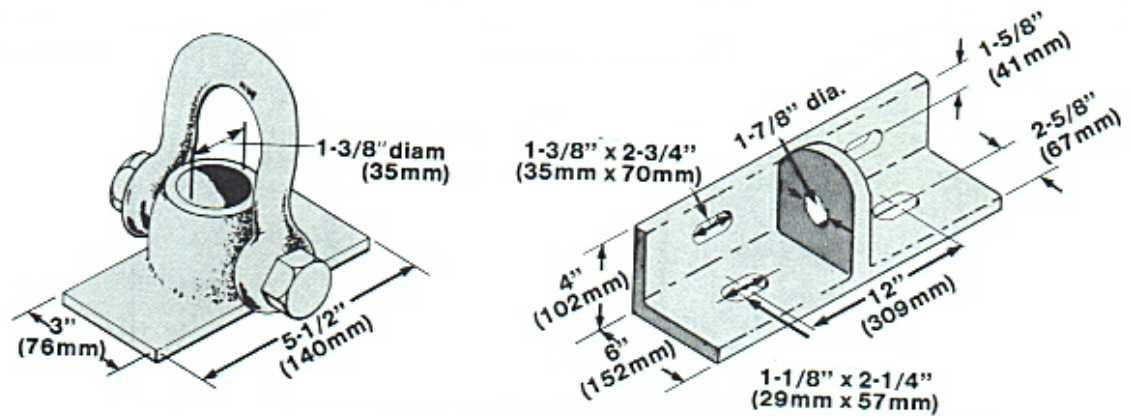
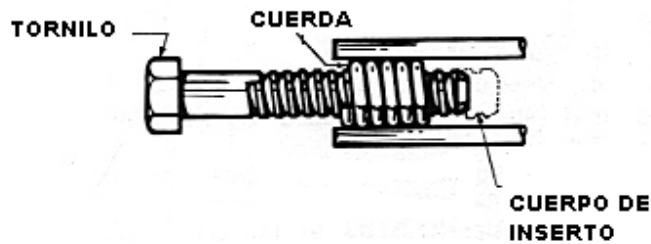


Figura 2.14 a Placa de izaje para inserto de borde sencillo y doble.

\* "Tilt – Up Dising and Construcción Manual ", Hugh Brooks, Concrete Association.

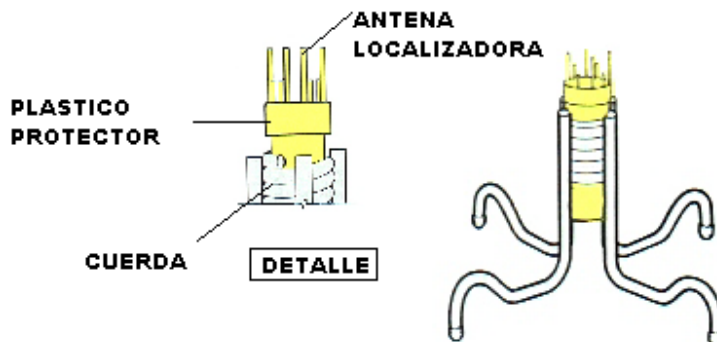




*Figura.2.14 b*  
Tornillo de sujeción  
para inserto de borde.

### 2.3.2 Insertos de apuntalamiento.

Este tipo de inserto es similar al inserto de borde, consiste en la misma rosca helicoidal para recibir al tornillo, con la diferencia de que este se coloca en piso, por lo tanto requiere silleta de apoyo. Su función es poder fijar al muro el tubo telescópico que se coloca en el muro para evitar el desplome del muro (*ver figura 2.15*).



*Figura.2.15*  
Inserto de  
apuntalamiento.

### 2.3.3 Placas y elementos de conexión.

Son el tipo de conexión más utilizada en la construcción de edificaciones tilt –up, y se podrían definir como elementos metálicos fabricados a partir de placas, ángulos, varillas y pernos soldados entre sí para formar la pieza deseada, de acuerdo a la función que deberá cumplir. Hay una gran variedad de conexiones de este tipo por lo que solamente mencionaremos las más comunes como son: Placa de conexión zapata-columna, Placa de conexión zapata-muro, Placa de conexión muro- armadura, Placa de conexión columna-armadura y el ancla de cimentación. Estas conexiones se amarran al acero de refuerzo de los elementos, quedando embebidas en el concreto en este caso es deseable evitar proyecciones por encima de la superficie del elemento para permitir un enrasado y acabado fáciles (*ver figuras 2.9*).

### 2.3.4 Placas Niveladoras.

Son laminas de forma rectangular y espesores variables que se utilizan como calzas para asentar y nivelar el muro. Estas laminas pueden ser de plástico de alta resistencia o de metal, la dimensión en su lado corto es de 102 mm (4") , en su lado largo de 152 mm (6") y espesores que oscilan desde 1.6 mm (1/16") hasta 6.4 mm (1/4"). Estas láminas son colocadas en obra con ayuda de un nivel topográfico óptico o láser. Los diferentes espesores de estas láminas sirven para calibrar de manera exacta la altura de proyecto que debe tener el muro, esto es, quitando o poniendo calzas de espesores determinados hasta alcanzar la lectura que nos marque el nivel topográfico (ver figura 2.16 y 2.6 a).

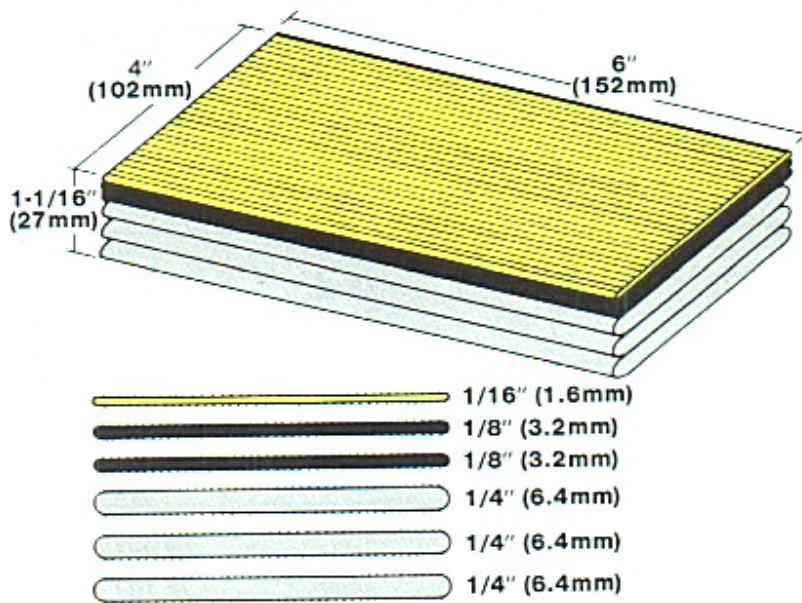
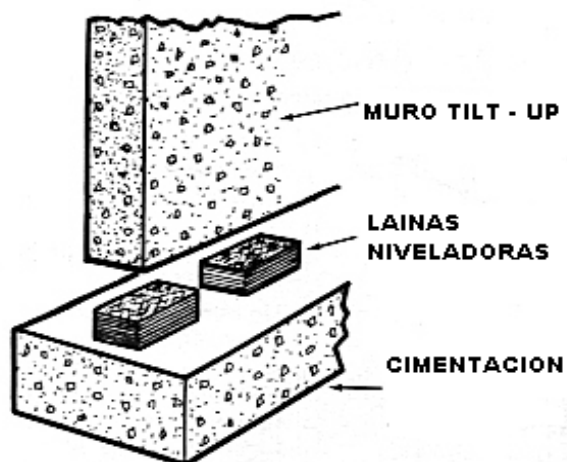


Figura.2.16  
cas niveladoras.

Figura.2.16 a  
Colocación de  
Lainas niveladoras.



### 2.3.5 Vigas de refuerzo.

Como su nombre lo indica son elementos que se utilizan como refuerzo temporal durante el montaje del muro. Se usan para rigidizar las partes largas y cortas de los muros que se presentan cuando el proyecto cuenta con vanos para puertas muy altos y estrechos. Estas vigas pueden ser de madera, acero o aluminio; siendo las vigas de acero las más comunes las cuales están formadas por dos perfiles en canal de 4x12" y 4x14" unidos por una serie de soleras de 5" x 1/2" con un barreno al centro de 5/8" de diámetro en donde entra un tornillo tipo espárrago de la misma medida por medio del cual se fija la viga al muro, los espárragos se fijan al muro por medio de un inserto del tipo de apuntalamiento. Como ya se dijo este refuerzo es temporal pues cuando ya se coloca el muro en su posición final se retira la viga de refuerzo (ver figura 2.17).

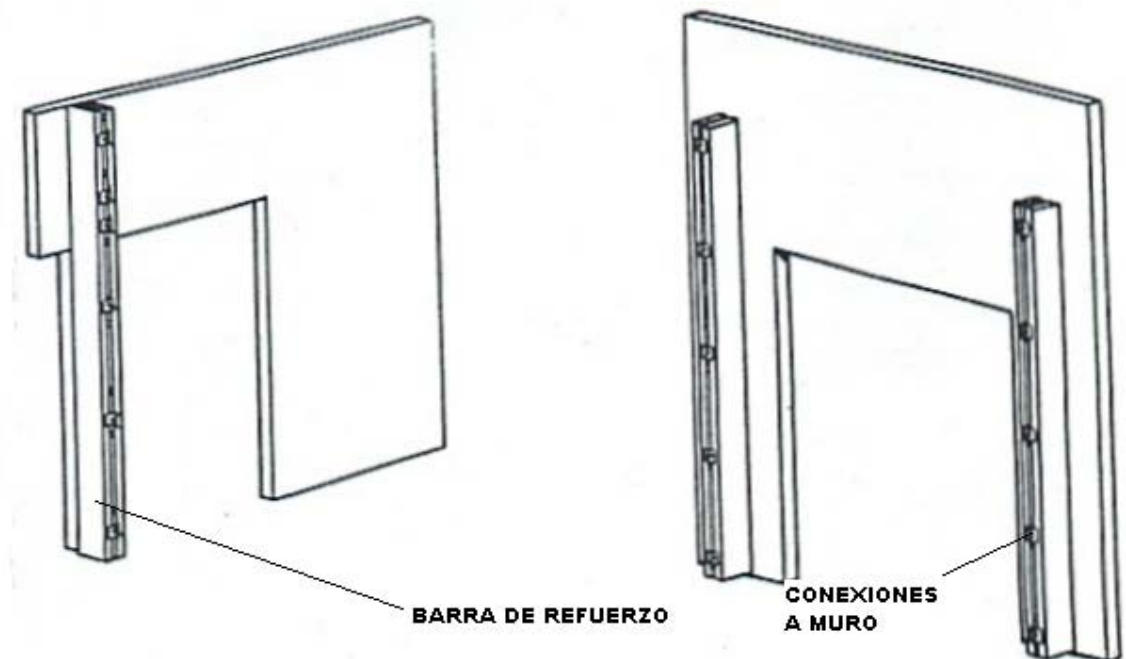


Figura.2.17 Colocación de barra de refuerzo en franjas esbeltas.

### 2.3.6 Tubos telescópicos de apuntalamiento.

Estos accesorios están formados por dos tubos, uno que hace la función de guía que es el de mayor diámetro, y otro que es el de penetración que se desliza a través del diámetro interior del tubo guía; formando entre sí una sección de tipo telescópica que es movida mediante un tornillo de ajuste que nos da la longitud requerida para poder alinear el muro en su sentido vertical, esto claro, con la ayuda de un tránsito, cabe mencionar que existen siete tipos de tubos telescópicos los cuales se clasifican en función de la longitud de extensión y capacidad de carga del tornillo de ajuste. Los tubos telescópicos se colocan en posición inclinada fijados mediante dos placas colocadas en ambos extremos del tubo por medio de un tornillo especial de cuerda gruesa que se conecta en el inserto de apuntalamiento instalado en el muro, y por un táqueme expansivo en piso. Es importante hacer notar que los tubos telescópicos no cargan al muro, solamente impide que el muro, se salga de su vertical por causas de acciones externas. Estos elementos tienen dos tipos de ajuste: grueso y fino. El Primero es a través de acortamientos y alargamiento por medio de un perno que se introduce en unos barrenos que tiene el tubo a cada 15cm; y el segundo, como ya se menciono, por medio de una cuerda, que permite el alargamiento o acortamiento con solo girar el tubo.

Cabe mencionar que hay varios tipos de tubos y se clasifican en función de su longitud de extensión, pero los más usados son los de 8 m y 6 m (ver figuras 2.18 a,b,c). Cuando los tubos telescópicos se colocan muy separados uno de otro y abiertos a su máxima extensión es necesario arrióstralos para evitar que se abran o se pandeen, esto se hace colocando entre cada tubo un barrote de madera de 2 x 4" uniéndolos horizontalmente entre sí, para evitar el pandeo lateral y para evitar el pandeo vertical se coloca un elemento llamado knee brace que une la parte media del tubo con el muro, este elemento puede ser de madera o un tubo metálico de sección telescópica (ver figura 2.18 d).

Los tubos telescópicos se colocan antes de la maniobra de montaje de los muros asegurando que queden perfectamente instalados, generalmente se colocan dos tubos por muro en condiciones normales, pues en áreas donde hay vientos y sismos fuertes, sería necesario colocar tres o cuatro tubos para reducir riesgos (ver figura 2.18 e).

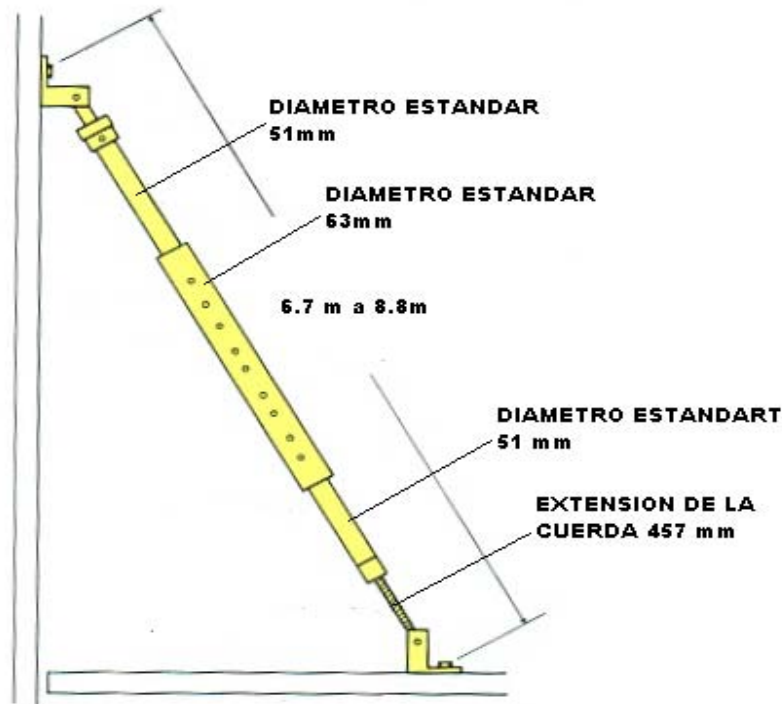


Figura.2.18 a Tubo telescópico con alcancé de 6 a 8 m.

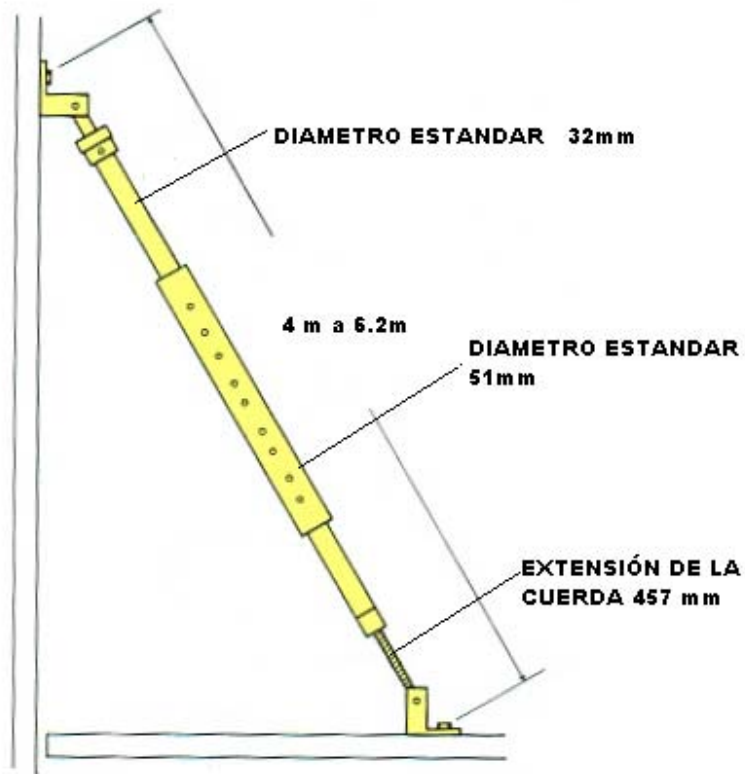


Figura.2.18 b Tubo telescópico con alcancé de 4 a 6 m.

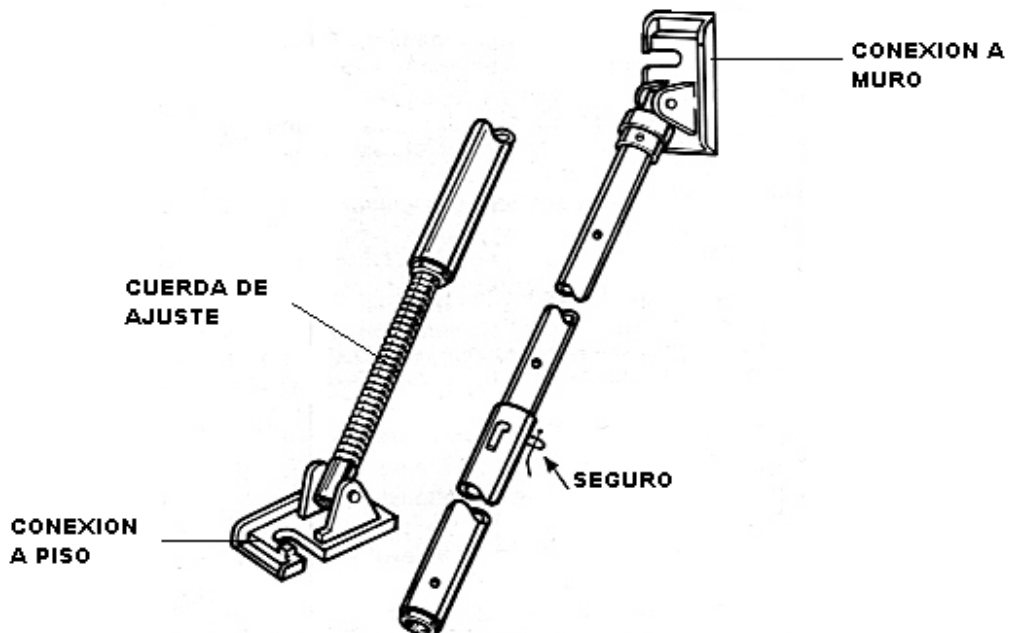


Figura.2.18 c Detalle de tubo telescópico.

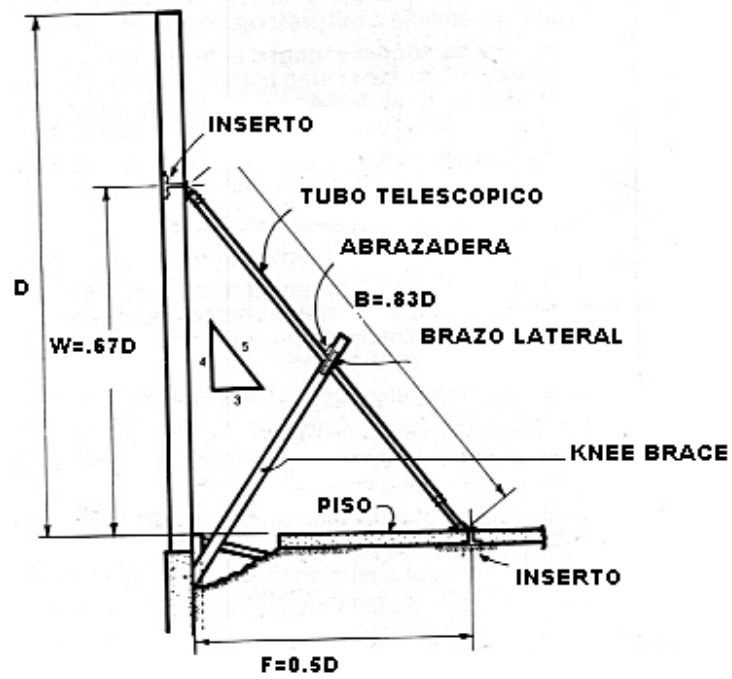


Figura.2.18 d Colocación de tubo telescópico en vista lateral.

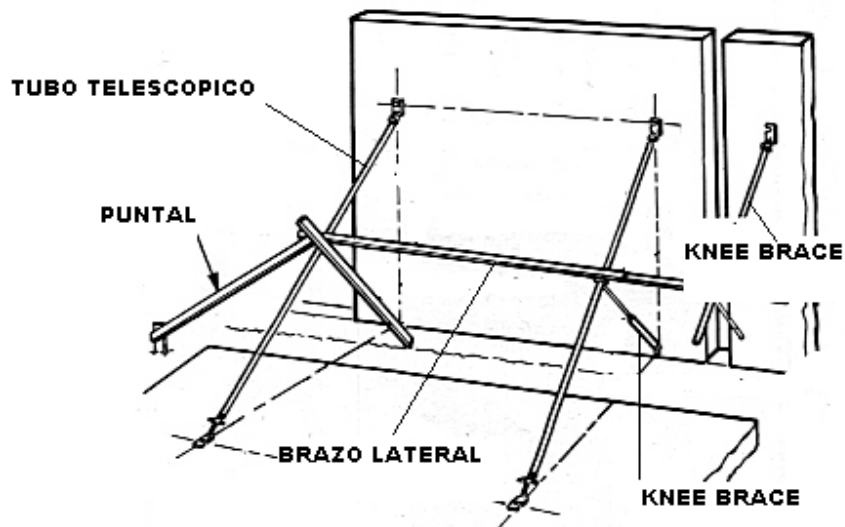


Figura 2.18 e Colocación de tubo telescópico en vista frontal.

## 2.4 Tipos de juntas entre muros Tilt – up.

Existe una gran variedad de opiniones al respecto a si los muros necesitan ser conectados uno con otro en sus juntas verticales. Hay quienes sugieren que deben proveerse dos o tres conectores soldados en cada junta del muro, particularmente para los edificios localizados en zonas sísmicas. Por otro lado, existe la opinión de que los paneles no conectados están más libres para expandirse o contraerse reduciendo así la acumulación de tensiones por contracción. Se cree que los paneles no conectados pueden también comportarse mejor durante un sismo de gran intensidad (debido al amortiguamiento estructural).

Parece ser que no existe la evidencia suficiente para exigir juntas arbitrarias de muro a muro, por lo tanto, el punto de vista de muchos diseñadores es que deben proveerse únicamente aquellas juntas requeridas para estabilidad estructural; dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

### • Junta de tubo soldado.

Este tipo de junta esta formada por un tubo de acero al carbón de diámetro variable y 20 cm de largo, soldado a cuatro varillas corrugadas de 1" que se amarran al acero de refuerzo, una parte de estas queda ahogadas en el concreto y la otra queda fuera, y cuyas puntas son soldadas al tubo, las cuatro puntas de la varilla quedan dentro de una oquedad que se le hace al muro utilizando un bloque de poliuretano (ver figura 2.19).

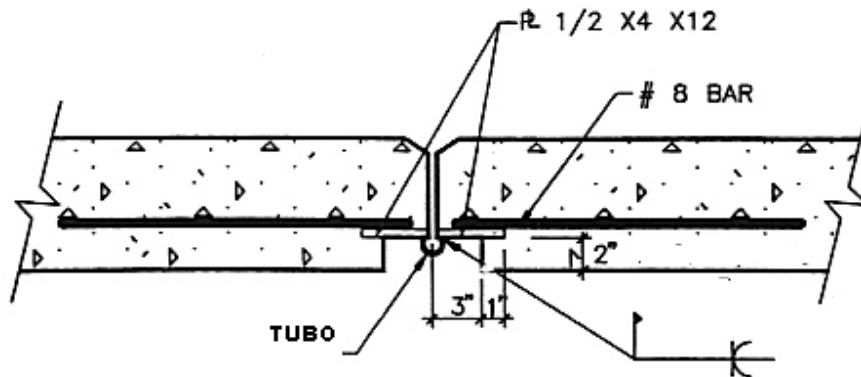
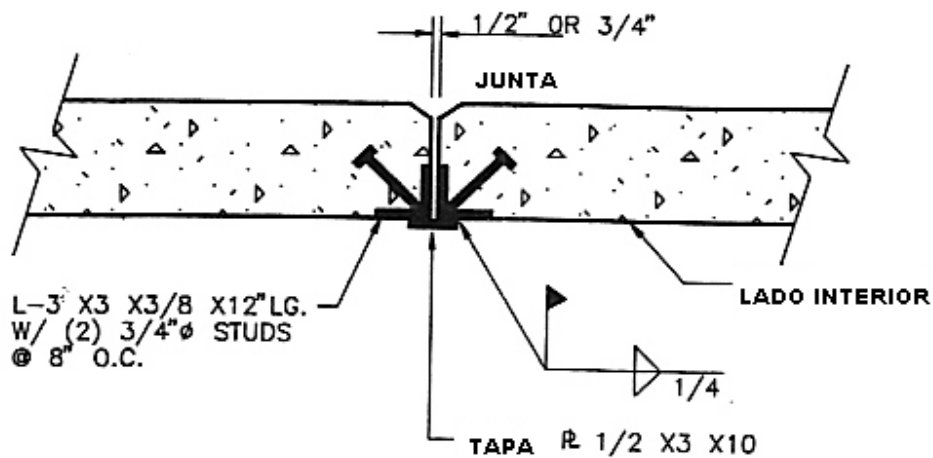


Figura 2.19 Junta de tubo soldado en planta.

- **Junta de ángulo empotrado.**

Esta junta esta formada por un ángulo de 10 x 10 x 0.6 cm y 20 cm de longitud y dos pernos de 1.7cm de diámetro por 7.6 cm soldados de punta al vértice del ángulo, los pernos cumplen la función de anclas; a el vértice del ángulo se le hace coincidir con el vértice del muro que a su vez es uno de los lados de la junta, una de las caras queda paralela al paño de la cara del muro, esta preparación queda continua muro a muro para después unirlos con una placa de 15 x 20 x 1.3 cm, que se suelda a las caras de ángulos continuos en cada junta de muro. Una variante de este tipo de junta es la de "el ángulo de esquina" que es un ángulo de 15.2 x 15.2 x 1cm con cuatro barrenos de 1.9 cm de diámetro que sirven para fijar el ángulo al muro por medio de cuatro taquetes expansivos de 1.6 cm de diámetro (ver figura 2.20).



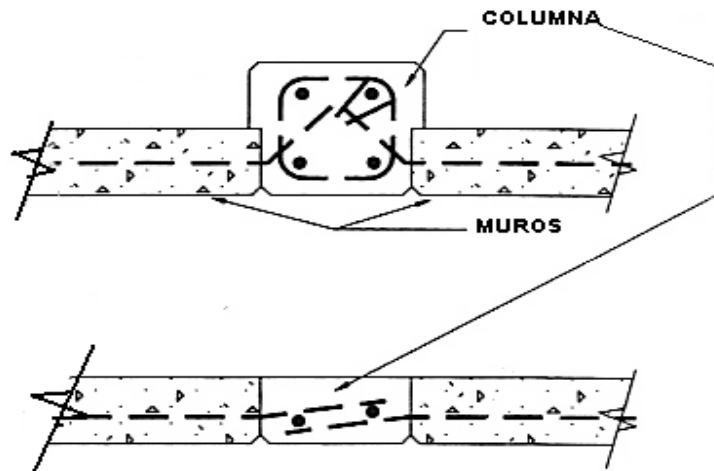
*Figura.2.20 Junta de ángulo empotrado en planta.*

La junta de tubo soldado y la de ángulo empotrado, se usan generalmente en edificios con paneles angostos y altos en una zona sísmica. Cuando esto ocurre, los muros son conectados en pares, o en grupos de tres para que puedan resistir las fuerzas de voladura debidas a las cargas especificadas.

- **Junta de elementos vaciados en obra.**

Consiste en colar un castillo entre muros con la característica que el armado horizontal de los muros se traslapa y este traslape se amarra al refuerzo del castillo quedando embebido en el mismo (ver figura 2.21).

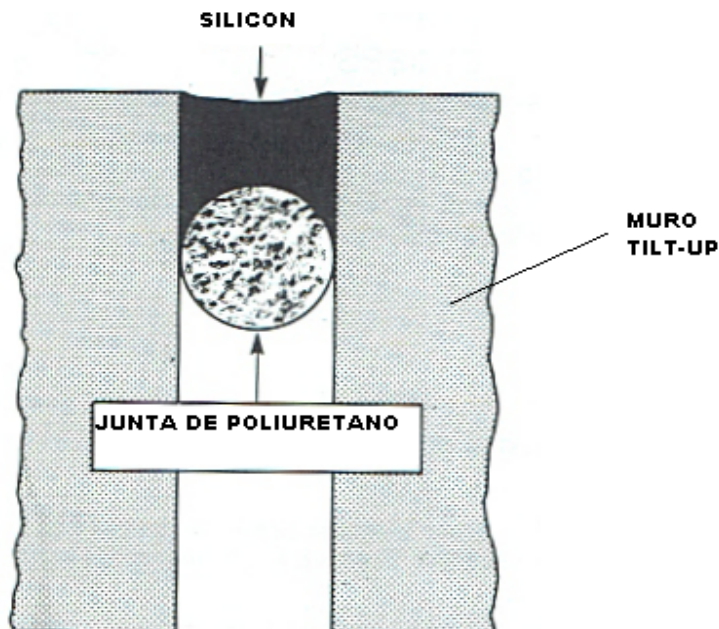




*Figura.2.21 Junta a base de columna.*

• **Junta elástica.**

Este tipo de junta es una capa que se hace a base de un silicón que tiene la propiedad de adherirse al concreto seco y una junta de expansión de poliuretano sección circular que se coloca a todo lo largo de la junta y sirve como respaldo de la capa de silicón, evitando con esto la aplicación excesiva e innecesaria de silicón. Se deberá tener el cuidado en dar un acabado convexo a la capa de silicón esto para que cuando el concreto se contraiga o expanda se tenga una holgura en la elasticidad del silicón, pues si se hace recta y no convexa con los esfuerzos ya mencionados no tendrá la capacidad para estirarse y se romperá (ver figura 2.22).



*Figura.2.22 Junta elástica.*

## Rendimiento del silicón en función del ancho y profundidad de junta:

Ancho de la junta (mm)	Profundidad de junta (mm)	Rendimiento (m/l )
6	6	25.00
9	6	17.00
13	6	12.00
16	9	6.60
19	9	5.50
22	13	3.60
25	13	3.10
38	19	1.80
51	25	0.80

## 2.5 El muro tilt – up en obra.

Uno de los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta cuando se inicia la construcción de un proyecto tilt –up es la distribución del espacio en obra y esto se basa principalmente en la posición que se le asignen a los muros para su construcción.

### 2.5.1 Consideraciones para la distribución de espacio.

Como regla general los paneles no podrán ocupar para su construcción más de 75% o 80% del área total del piso. Esto generalmente es suficiente para poder realizar las maniobras de montaje y además permite dejar el suficiente espacio para que los camiones revolventes se desplacen libremente durante el colado de muros. Si el concreto es bombeado el espacio para construir los muros se podrá incrementar.

Una buena opción para distribuir los espacios en una obra de tipo tilt – up , es haciendo un bosquejo a escala de la colocación de los muros sobre el piso, utilizando para esto el plano de cimentación, se usa este plano pues es el que contiene dos de los elementos que más se vinculan con los muros como lo son: el piso y los cimientos ; al piso lo usaremos para trazar sobre él las diferentes formas y tipos de muros, los muros se dibujaran siguiendo la secuencia de montaje de cada uno, como ya se menciono anteriormente los dibujos se harán a escala y contendrán los siguientes datos: el numero de montaje, altura, ancho, espesor y el tipo de muro. Posteriormente seccionaremos las cementaciones, dividiéndolas en función al ancho de la base de cada muro que es la parte donde se conectan y relacionan ambos elementos, es decir, que a cada tipo de muro le corresponde un determinado tipo de cimiento por eso la longitud de la cimentación deberá corresponder al ancho de la base de muro y se relacionarán gráficamente por medio del numero de montaje. Cabe mencionar que se harán varios bosquejos hasta encontrar el óptimo, de acuerdo a nuestras necesidades de espacio.

Cuando ya se tenga la colocación deseada de muros se podrá marcar en el espacio sobranete la trayectoria de desplazamiento que seguirán las revolventoras de concreto, así, como la entrada de la grúa y la secuencia de montaje que deberá seguir (*ver plano: Planta de colocación y colado de muros en anexos*).

## 2.5.2 Colocación de los muros Tilt – up en obra.

Los muros son colocados y desplantados sobre su cara exterior pegada sobre la superficie de la losa de piso y deberán ser construidos lo más cerca de sus posiciones finales, para minimizar movimientos innecesarios de la grúa durante el montaje.

La forma ideal de colocar los muros en la obra es haciendo hileras de los mismos sobre el piso, es decir, formando franjas interiores de muros en el piso de la obra y siguiendo una secuencia lógica que estará en función de la posición que tenga el muro en el proyecto. Se comenzara colocando hileras siguiendo la trayectoria perimetral del piso, que como ya se dijo anteriormente es el lugar más cercano a su posición final; posteriormente los muros sobrantes se acomodan en el espacio interior libre del piso hasta acomodar a todos los muros. Cuando en ocasiones se agota el espacio libre de piso y a un sobran muros se cuelan firmes provisionales de concreto pobre fuera del área de piso y cerca de la posición que ocupara el muro, la superficie de estas plantillas será pulida y cuando es montado el muro se puede demoler o utilizarla como piso. Las franjas de muros se hacen trazando una línea con la ayuda de un teodolito que deberá colocarse hacia el interior del piso, esta línea servirá como guía y será a su vez la base del muro a partir de la cual se desplantarán todos sus elementos para su construcción. Todo esto marcara también la trayectoria del espacio libre para que la grúa se desplace con facilidad, sobre el piso de la construcción y el montaje estará a la vista del operador de tal manera que vera perfectamente la maniobra de levantamiento y colocación del muro. Otra forma de colocar los muros cuando no se tiene espacio, es en forma de estiba, en donde los muros son colocados uno sobre otro, esto es, los muros se van estibando uno sobre otro conforme se van colando, cuidando siempre la secuencia de montaje de cada uno (colocar en hasta abajo el ultimo en montar y arriba el primero), las dimensión en peso y su resistencia (chechar con el laboratorio cuando el muro alcanzar una resistencia adecuada que pueda cargar otros elementos sin sufrir daño *(ver figura 2.23)*).

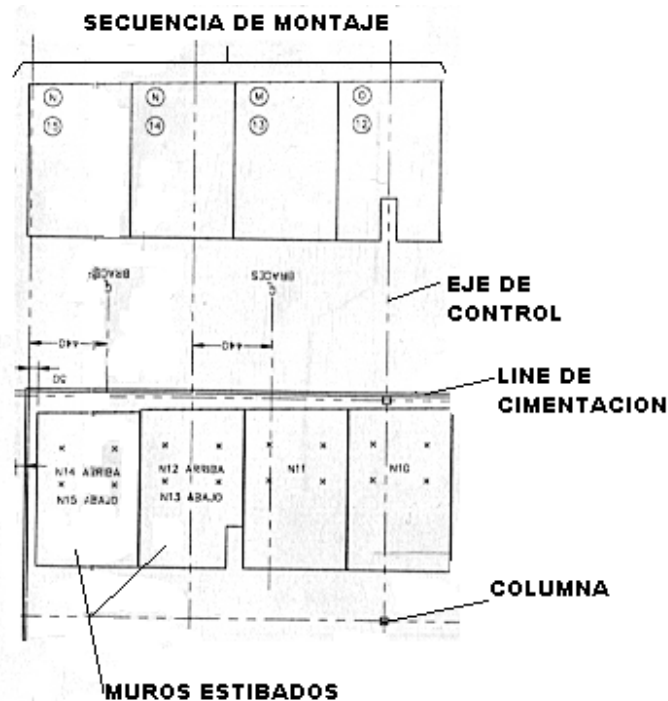


Figura.2.23 Ejemplo de colocación de muros estibados y uno solo.

## 2.6 Síntesis del proceso constructivo.

1. Construcción de la placa de piso sobre la subbase, la cual servirá como superficie para el concreto hidráulico durante el colado de los paneles. Paralelamente, son construidas las cimentaciones perimetrales (zapatillas corridas) y las centrales (zapatillas aisladas) las cuales soportarán paneles y columnas respectivamente (*ver figura 2.24 a*).
2. La construcción de los paneles comienza con el trazado de los mismos en el piso y tomando como guía este trazo para la construcción de la cimbra perimetral.
3. Con la cimbra perimetral es habilitada, se cimbran y forman los vanos para puertas y ventanas. Posteriormente se procede con la aplicación de un desmoldante el cual evita la unión del concreto fresco del panel con el concreto del piso. Inmediatamente después se coloca el acero de refuerzo y todos los aditamentos como son: insertos de izaje, insertos de apuntalamiento, placas de conexión etc. (*ver figura 2.24 c y 2.24 b*).
4. Se vacía el concreto dentro de la cimbra de los paneles, se enraza y se le da el acabado que nos marque el proyecto arquitectónico y por último se cura (*ver figura 2.24 d*).
5. Sigue un periodo de espera de una semana a diez días, mientras el concreto alcanza la resistencia mínima requerida para el izaje.
6. El día del izaje reconectan los cables a los aditamentos deja dos para ese fin y la grúa levanta cada panel siguiendo un orden y los coloca en su sitio final sobre su cimentación, procediendo de manera continua alrededor del perímetro de la edificación. Antes de liberar cada panel de la grúa, se instalan puntales temporales para arrostrar el panel hasta que, la estructura del techo le sea colocada (*ver figura 2.14 e y 2.24 f*).
7. Se efectúan las conexiones entre los paneles, se llenan las juntas y se retiran los puntales de los paneles, después de que el techo haya sido perfectamente conectado a los muros (*ver figura 2.14 g y 2.14 I*).

El principio del sistema es como una caja de zapatos, que se mueve mientras no se cierre con su tapa; o bien se coloca, la caja se torna totalmente rígida. En esta analogía, la tapa es la estructura de acero del techo. En verdad, el levantamiento de los paneles constituye la parte dramática del proceso constructivo, pues en ese momento el edificio aparece como por arte de magia. Paneles de 35 o 45  $m^2$  se elevan uno tras otro con intervalos de diez a quince minutos, y se ha llegado a montar hasta 60 paneles en un día, por lo que con una buena planeación y distribución no es difícil erigir un edificio de 5, 500  $m^2$  en dos días. De este modo, disminuyen los costos, pues el tiempo de ejecución desde el inicio de la ingeniería hasta la ocupación del inmueble puede reducir hasta el 50 por ciento. Entre las ventajas está la flexibilidad, pues un edificio hecho con tilt –up aceptara cualquier expansión, e incluso una vez concluida la obra puede removerse y reubicarse en otro lugar y posición, lo que implica un ahorro en costos de materiales, demoliciones y tiempo de trabajo.

Figura.2.24 a.

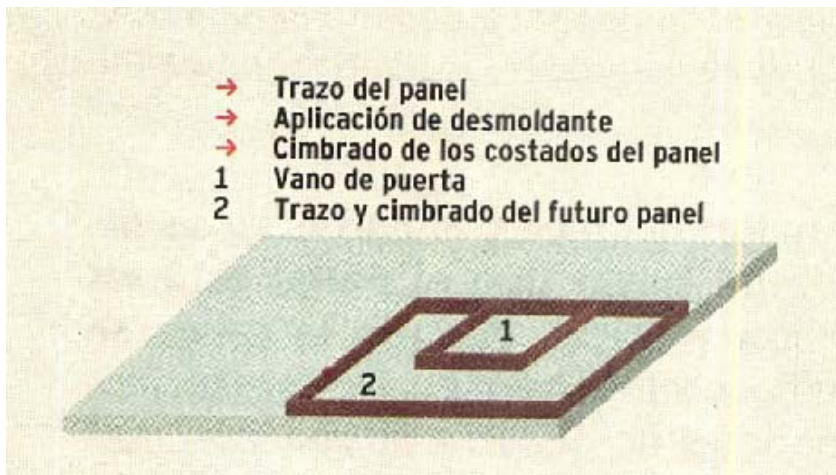
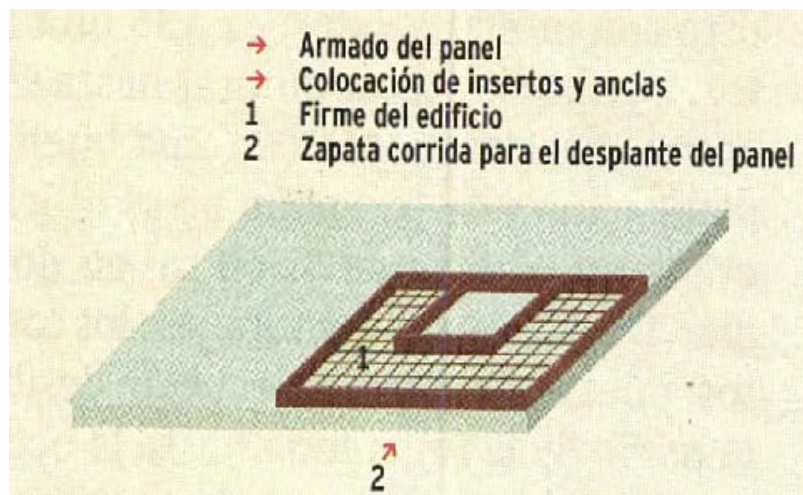


Figura.2.24 b.

Figura.2.24 c.



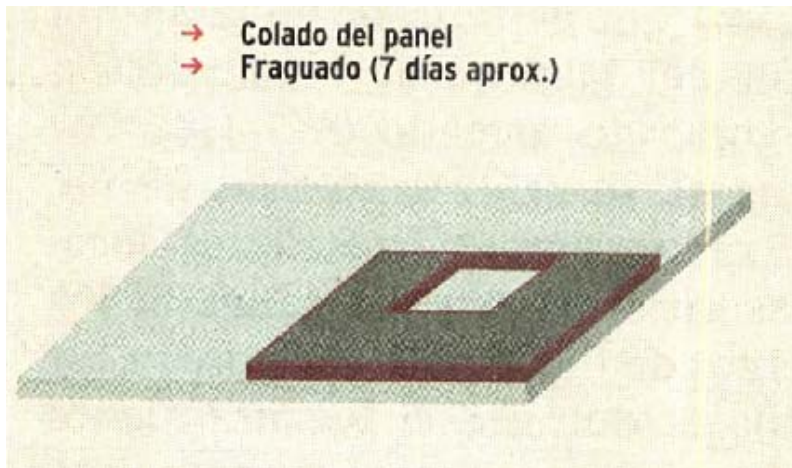


Figura.2.24 d.

Figura.2.24 e.

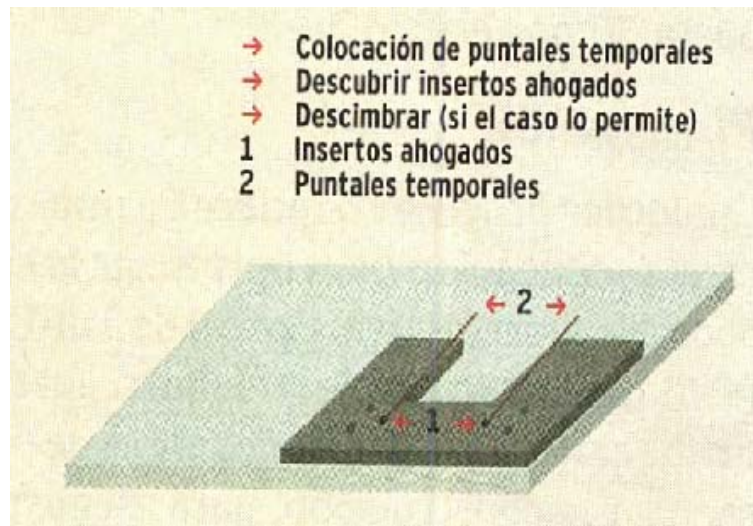


Figura.2.24 f.

Figura.2.24 f.

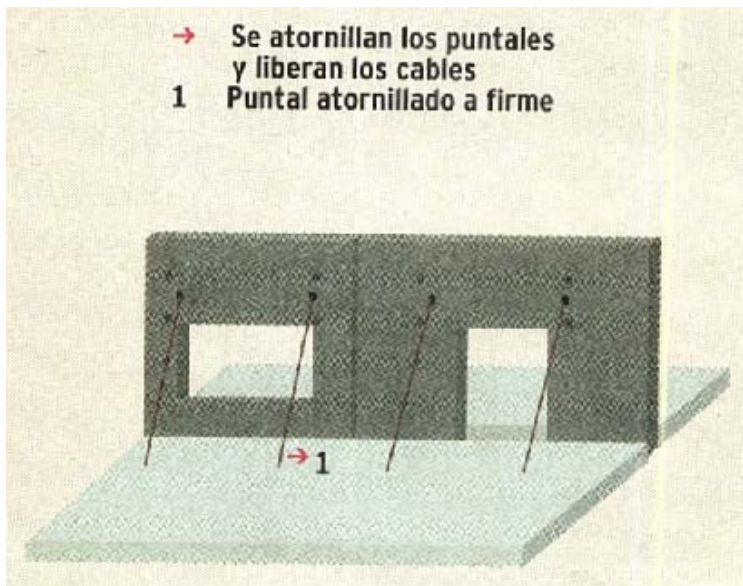
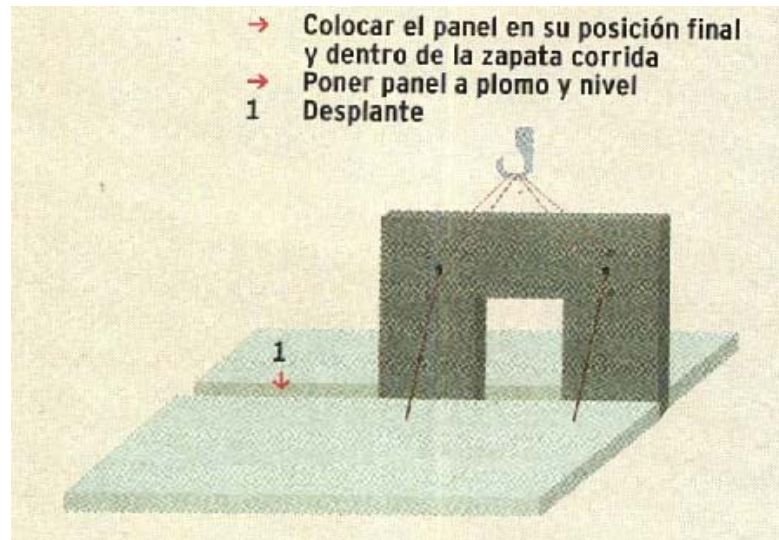


Figura.2.24 h.

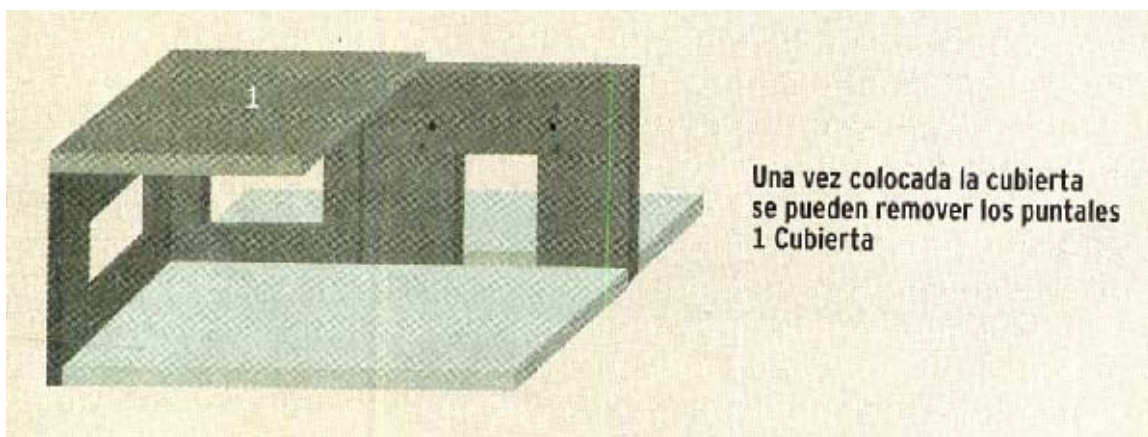


Figura.2.24 I.

## 2.7 Acabados exteriores en muros Tilt-up.

En un principio el término “Tilt-Up” estuvo asociado con edificaciones tipo cajón, de paredes planas y lisas. Hoy estas edificaciones pueden ser coloreadas, texturizadas y formadas para cualquier demanda arquitectónica. Las opciones arquitectónicas incluyen los siguientes acabados:

- **Agregado expuesto.**

En un principio los paneles eran vaciados con su cara hacia arriba y un agregado especial era regado sobre la superficie del muro. Después de cierto período de tiempo, la superficie era cepillada y lavada para exponer el agregado. Hoy la mayoría de los paneles con agregado expuesto, son construidos con su cara exterior al piso con la técnica de la cama de arena (el agregado es vaciado sobre una cama de arena, sobre la cual se vacía el concreto del panel) o con el uso de retardadores químicos.

- **Acabado moldurado.**

Retículas de muchas formas y tamaños pueden usarse para diferentes esquemas de diseño en la superficie del panel. Tiras de madera o molduras de cerca de dos centímetros de ancho, son a menudo usadas para delinear secciones o colores en la superficie de los paneles. El moldurado es fácil de utilizar, ya que la cara del panel que quedará hacia la fachada, está en contacto con el piso durante el vaciado. Las molduras pueden ser clavadas al piso o cama de vaciado, o colocadas en posición con un adhesivo.

- **Engaño visual (“Tropel’eil”).**

Es usada para mejorar la apariencia de las edificaciones “Tilt – Up”. Combinando los efectos de molduras o tiras colocadas estratégicamente y el uso de colores de pintura, paneles planos pueden hacerse aparecer con profundidad. Esta técnica es relativamente económica.

- **Superficie con piedras planas.**

Piedras planas o plaquetas son algunas veces usadas para destacar edificaciones. Textura de este tipo es obtenida colocando la piedra en una cama de arena y vaciando el panel con la cara hacia abajo. Sin embargo, este método puede ser muy costoso.

- **Superficie con hoyuelos.**

Se logra colocando agregado de varios tipos en la placa de piso y cubriéndolo con hojas de polietileno. El concreto es luego vaciado, produciendo una superficie con hoyuelos la cual varía con el tamaño y espaciamiento del agregado usado. Esta es una forma económica de lograr una superficie arquitectónicamente agradable.

- **Franjas horizontales en vidrios.**

El uso de largas franjas horizontales con vidrio oscuro reflectivo es posible si se retrasa el panel de su cara exterior a lo largo de dichas franjas, para permitir al vidrio por las porciones sólidas del panel.

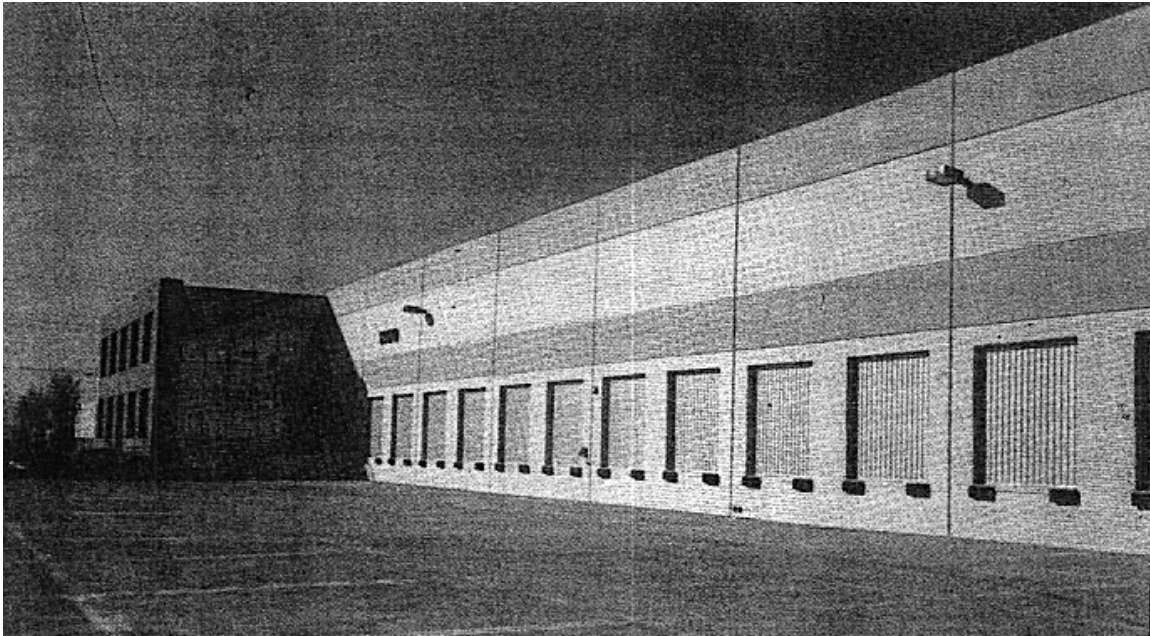
El uso de texturas, relieves y colores proporcionan ilimitadas posibilidades. Pequeños cambios en la forma de los paneles o en los vacíos de las ventanas (los cuales pueden fácilmente construirse de cualquier forma: Circular, triangular, cuadrada etc.) puede mejorar la apariencia de toda la edificación.



## 2.1 Edificaciones ideales para construirse con Tilt –up.

“El edificio ideal de tilt – up sería una bodega grande sin ventanas en las paredes donde existiera un gran espacio para la fabricación de los muros, cada uno de los paneles podrán ser formados, levantados y montados con facilidad, esto se traduciría en un costo extremadamente bajo por cada metro cuadrado de construcción” (*ver figura 2.15*).

Sin embargo el sistema, por lo general funciona sin dificultades en edificios de bajos a medianos, preferentemente de un solo piso. Donde más se utiliza el tilt – up es las bodegas, cuya altura regular fluctúa entre los seis y nueve metros. Que corresponde al ancho del panel más económico, de 14 a 19 cm. de espesor. Además son rectangulares y exigen áreas libres de grandes dimensiones, largos andenes y zonas para oficinas que se puedan hermetizar. No obstante, la aplicación de este método se ha extendido a centros comerciales y corporativos así como a edificios habitacionales de escasa altura.



*Figura 2.15 edificación Tilt – up ideal.*

## Capítulo III

---

# PROYECTO DE UN EDIFICIO TILT-UP.

### 3.1 Generalidades de diseño.

Aunque el diseño estructural de un edificio tilt-up es esencialmente el mismo que para cualquier otro edificio de uno o dos pisos, hay consideraciones que son únicas al tilt-up, además de las del diseño de los muros.

Por esta razón, el ingeniero estructural debe trabajar cercanamente con el arquitecto durante el diseño preliminar. Los tamaños de los muros y sus localizaciones se resuelven durante el diseño preliminar, así el manejo de las cargas laterales, la localización y extensión de los muros de cortante. Esto requerirá un “estira y afloja” entre el ingeniero y el arquitecto.

Como regla empírica, los muros no deben pesar más de 40 toneladas, aunque esto va en aumento debido a la disponibilidad de grúas más pesadas. Cuarenta toneladas equivalen a 84 m<sup>2</sup> de muro, con un espesor de 18cm.

Una regla empírica para estimar el espesor del muro en pulgadas es dividiendo el claro de la altura en pies entre cuatro esto equivale a una proporción h/t de 48.

Otras consideraciones del diseño deben resolverse durante el diseño preliminar, tales como las localizaciones y adecuaciones de los muros de cortante, el tamaño y la forma de los muros de

dintel, la localización y las aberturas en los muros, así como cualquier muro especial como bardas de patio auto soportadas, en áreas exteriores.

Después de establecer el bosquejo de los muros y la localización de las uniones, se determinan el marco del piso y el techo. Esto es un balance entre la separación más económica de los claros y el sistema de estructuración, como los requerimientos del propietario o desarrollador.

El sistema de estructura para techo más común, es el compuesto por estructura metálica y cubierta de lámina. Y para entrepisos y losas se ocupa el sistema llamado losacero.

Un aspecto importante para el diseño estructural es la selección del claro libre desde la losa de del piso hasta la parte inferior del techo. Este puede variar desde 4m hasta 12m o más. Con esta altura ya determinada, se pueden poner las uniones de la estructura alrededor edificio. La pendiente mínima preferida del techo es de 0.003 %.

Siguiendo esto, la estructura del techo y entrepisos están dimensionadas, las reacciones en los muros de las armaduras, vigas o trabes quedan determinadas.

Conforme la tarea anterior se realiza, el ingeniero debe tener en mente como se van a manejar las fuerzas laterales (de viento o sísmicas). Ya que los edificios tilt-up son "tipo caja", las cargas laterales las resisten los diafragmas horizontales del piso y de la cubierta colocada entre los muros de apoyo. Enseguida, se mencionan algunas de las consideraciones que se deberán de tomar en cuenta para el diseño de muros tilt – up:

1. Flexión del muro debido a vientos o sismos. Esto debe de hacerse para los muros con o sin aberturas, y pueden haber varias alturas de muros que diseñar ( hay que recordar que el techo puede tener pendiente a lo largo de la pared, requiriendo así menos esfuerzo para las alturas más bajas). También podría haber varias consideraciones de aberturas en los muros que se tendrían que diseñar. No es inusual tener más de cinco diferentes diseños de muros para un edificio.
2. Conexiones en el muro para el techo y el piso. Esto requerirá al menos dos condiciones. Una donde las vigas del techo sean paralelas a la pared y otra donde se ensamblen en la misma. Cada una requiere detalles de conexión diferente.
3. Diseñar los muros para las cargas concentradas de las armaduras o vigas principales. Esto incluye el diseño del anclaje y el reforzamiento del muro en donde se harán las conexiones respectivas.
4. Consideraciones de cortante en el plano (muros de cortante), que incluirá la revisión de los esfuerzos de corte y ver si se requiere refuerzo adicional. También, la transferencia de corte del diafragma a los muros y en la base de la losa del piso. También sería necesario revisar el desplazamiento del muro.
5. El diseño de cualquier muro especial, tal como los dinteles, muros de retención o muros aislados autosoportados.

Después de que se calcularon las reacciones del diafragma del techo al sismo y viento, se diseñan los diafragmas y se revisa su resistencia al corte y se diseñan las uniones finalmente el diseño de la cimentación.

### **3.2 Efectos estructurales.**

La principal preocupación para el diseño de paneles es su estabilidad lateral y pandeo debido a cargas laterales (viento y sismo) más simultáneamente el efecto de las cargas verticales. Todas estas combinaciones de cargas aunadas con diferenciales de temperatura dan como resultado esfuerzos que deben ser considerados durante el diseño de los muros, algunos de esos esfuerzos son los producidos por las deflexiones. Deben de considerarse las cargas verticales (cargas de gravedad) impuestas por el techo y pisos y por el peso del muro mismo. Adicionalmente estas fuerzas pueden actuar excéntricamente para incrementar la flexión. Esto se llama efecto "P- Delta", que discutiremos más adelante.

Las fuerzas coplanares (es decir, paralelas a la pared) desde los diafragmas del techo y el piso, deben transferirse al muro y del muro hacia el terreno. El diseño de estos muros de cortante involucra revisar los esfuerzos de corte, los giros, la resistencia al empuje ascendente, las conexiones al puntal de arrastre (también llamado "colector") y otras consideraciones relacionadas.

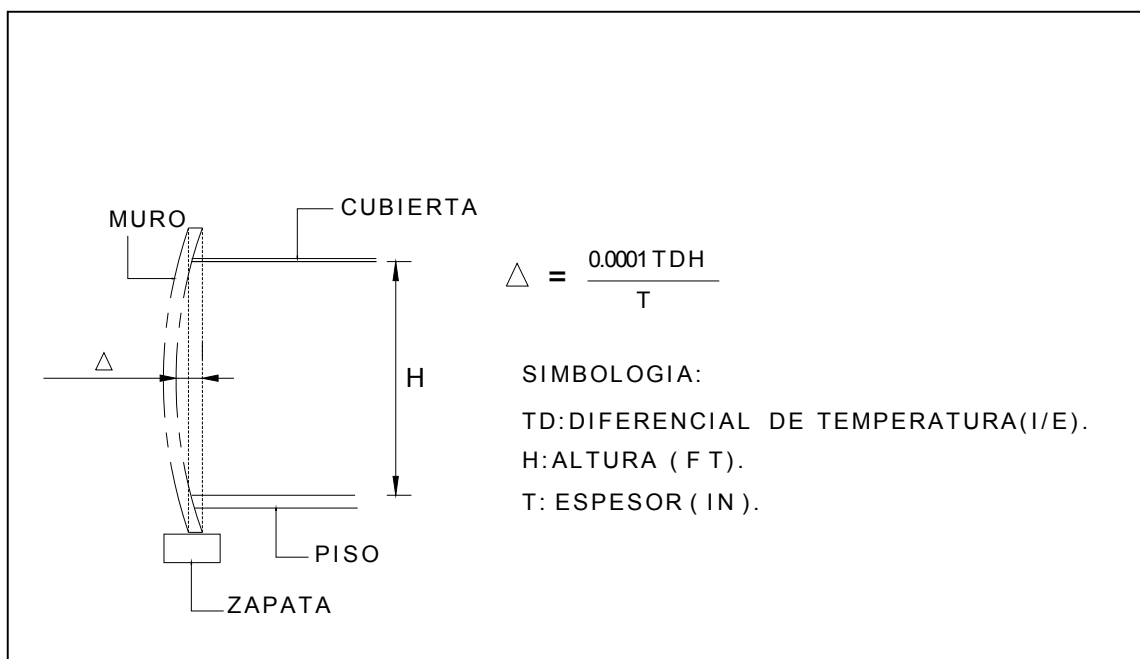
Ya que deben considerarse un cierto número de condiciones de carga, el diseño de un muro involucra una serie de efectos para asegurar que se han provisto todas las condiciones de diseño. A continuación se describen algunos de los más significativos.

#### **3.2.1 Pandeo por temperatura.**

Un ligero arqueado exterior de los muros puede ocurrir debido a las diferentes temperaturas que se presentan en ambos lados del muro. La acción es similar al alabeo de una losa en el suelo. Este pandeo por temperatura se presenta a un más marcado en lugares donde las temperaturas son muy variables y extremosas, ya sea que el muro reciba calor en su parte interior y en su parte exterior frío o viceversa para que se presente un diferencial de temperatura y ocurra pandeo por la misma. En la figura 3.1 a se muestra la fórmula para determinar el diferencial de temperatura y en la otra un esquema representativo de este esfuerzo, para así, poder considerarlo en el diseño de los muros para contrarrestar dicho fenómeno.

Aunque es importante considerar el pandeo por temperatura se cree que la mayoría de los casos de pandeo que se presentan en los muros tilt-up es debida a los esfuerzos que libera durante su montaje principalmente cuando es inclinado y colocado posteriormente sobre la cimentación.

Una forma de darse cuenta cuando el pandeo se presenta durante el montaje es cuando el muro se agrita inicialmente, cabe mencionar que esto no ocurre cuando el pandeo tiene un valor de 19mm, pero cuando el pandeo tiene valores de 25 – 50 mm deberá ser evaluado por un ingeniero estructurista.



*Figura 3.1 Formula de vandeo por temperatura de un muro.*

### 3.2.2 Efecto P - Delta.

Esta consideración para el diseño, toma en cuenta la flexión adicional de la excentricidad resultante del arqueado del muro hacia fuera del plano. La "P" significa la carga vertical, actuando a una distancia excéntrica "Delta". Cuando una carga excéntrica origina un arqueado del muro, por muy ligero que sea, esta flexión adicional fuera del plano incrementa a un más la cantidad de deflexión y los aumentos sucesivos continúan hasta que se alcanza el equilibrio (suponiendo que el muro es lo suficientemente fuerte y no ocurra primero el alabeo). Para determinar esta deflexión, y el momento resultante, se requiere un proceso iterativo con varios cálculos sucesivos hasta lograr la convergencia.

Un análisis más sencillo, que evita cálculos iterativos, es suponer que la deflexión sería la máxima que resulta cuando la pared alcanzara su máxima capacidad de momento nominal. Por supuesto que esto arroja momentos "P- Delta" más grande que el método iterativo.

Según el manual de " Tilt – UP DESIG AND CONSTRUCTION ", a el momento secundario Usualmente se le suma un 15% del total del momento de diseño, llamado también primer momento, sobre el muro. Sin embargo, el UBC 94 – 1628.9 se exentara del efecto P- delta si tiende a ser menor que  $0.02/R_w$ , o 0.003 para una construcción típica tilt –up (pero esta relación solo se puede aplicar a muros cuya altura máxima de 25 pies). Cabe mencionar que no será necesario considerar el efecto "P – delta "cuando el momento secundario es menor un 10% que el momento primario.

También es importante mencionar que los muros tilt –up, por ser elementos de sección transversal rectangular sólida se calculan siguiendo procedimientos de diseño similares al de columnas sometidas a cargas axiales y a flexión.

### 3.2.3 Deflexiones.

Es importante determinar la deflexión de los muros bajo cargas laterales y excéntricas verticales, por dos razones. Primero, es necesario para calcular el momento añadido que resulta del efecto P-Delta. Y segundo, porque nos permite saber si la deformación será visible. En un viento fuerte obviamente no se desea que el muro se flexione adentro y afuera 152 ó 178 mm o esto causará problemas con los elementos adyacentes a la pared.

La deflexión de un muro es el resultado de ambos, las cargas de vientos laterales o sísmicas actuando normalmente a la superficie y las deflexiones que resultan del efecto P – Delta.

El Uniform Building Code limita las flexiones a  $l/50$  de la altura efectiva del muro, ó  $0.007x H$ . Esto significa que para un muro alto de 7.6 m la deflexión en la parte media bajo servicio de carga lateral no deberá exceder de 51mm. Aunque esto podría causar estragos a las conexiones con el techo y con las intersecciones. Pero el restringir aún más la deflexión impondría costos adicionales al muro sin garantía.

Conforme un muro es cargado lateralmente (viento y sismo) se flexionará hasta que comience a agrietarse, luego las grietas se propagarán conforme la carga aumente y donde el acero comience a fluir. Así que tenemos dos partes de la deflexión: Primero sin agrietar, y luego al agrietarse.

Pero calcular las deflexiones no es solamente asunto de insertar valores en las formulas para la sección agrietada o no agrietada. Hay muchas variables involucradas, tales como el modulo de elasticidad y el modulo de ruptura. Y además, las grietas no se forman abrupta o uniformemente. Hay una transición desde que se forma la primera grieta y la propagación de las grietas hasta el momento que el armado está completamente activo.

Se ha realizado una investigación considerable para desarrollar una fórmula que correlacione cercanamente los resultados de las pruebas . Una de esas fórmulas, en ACI-318, es  $I_e$  (el momento de inercia efectivo), que considera ambos momentos de inercia para sección agrietada o sin grietas y la proporción del momento de agrietamiento al momento actual. Esta fórmula es:

$$I_e = (M_{Cr} + M_s)^3 I_g + [1 - (M_{Cr} / M_s)^3] I_{Cr} \leq I_g$$

El Uniform Building Code de 1994, establece la formula para calcular la deflexión producida por cargas de servicio, que toma en cuenta el efecto "P – Delta" la cual es:

$$\Delta_s = \Delta_{cr} + [(M_s - M_{cr}) / (M_n - M_{cr})] (\Delta_n - \Delta_{cr})$$

donde

$$\Delta_{cr} = 5M_{cr} h^2 / (48E_c I_g)$$

$$\Delta_n = 5M_n h^2 / (48E_c I_{cr})$$

$$A_{se} = (P_u + A_s f_y) / f_y$$

$h$  = altura en metros

$M_s$  = momento de servicio

$$M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$M_n$  = momento nominal

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f' c b}$$

$M_{cr}$  = momento de agrietamiento

$$M_{cr} = SF_r \quad (F_r = 5\sqrt{f'c})$$

$$I_g = bt^3 / 12$$

$$I_{cr} = nA_{se} (d-c)^2 + bc^3 / 3, \quad c = \frac{a}{0.85}, \quad \Delta = \frac{5 Mh^2}{48 EI}$$

La última fórmula es para calcular la deflexión en una viga simplemente apoyada en función de su momento.

### 3.3 Dimensionamiento de muros.

Aunque el diseño estructural de un edificio tilt-up es esencialmente el mismo que para cualquier otro edificio de uno o dos pisos, hay consideraciones que son únicas al tilt-up, además de las del diseño de los muros. Por esta razón, el ingeniero estructural debe trabajar cercanamente con el arquitecto durante el diseño y juntos establecer las dimensiones y espesores de los muros, así como sus localizaciones.

#### 3.3.1 Cálculo del espesor.

Para el diseño preliminar es necesario estimar el espesor del muro y este será el primer punto a considerar en el diseño de los muros. A continuación se describe de una forma fácil y aproximada de como estimar el espesor de un muro según el Tilt- Up Design and Construction Manual:

Como primer paso partiremos de relación altura – espesor ( $h/t$ ) que en muchos casos cae entre 40 y 52, si nosotros asumimos 48, entonces para cada 48" (1200mm) de altura libre del muro se necesita tener 1" (255mm) de espesor. Otra forma de calcular el espesor de un muro es aplicando la regla empírica que nos dice que el espesor de un panel en *pulgadas es igual a un cuarto de la altura libre del panel en pies*. Por ejemplo, si la distancia de la losa de piso a la cubierta del diafragma es de 24 pies, el espesor del muro deberá ser de 6 pulgadas. Cabe mencionar que después de este

cálculo preliminar será necesario confirmar el resultado con el diseño final del muro. En el Sistema Internacional de Unidades, el espesor del muro en milímetros se obtendrá multiplicando la altura en metros por 20.

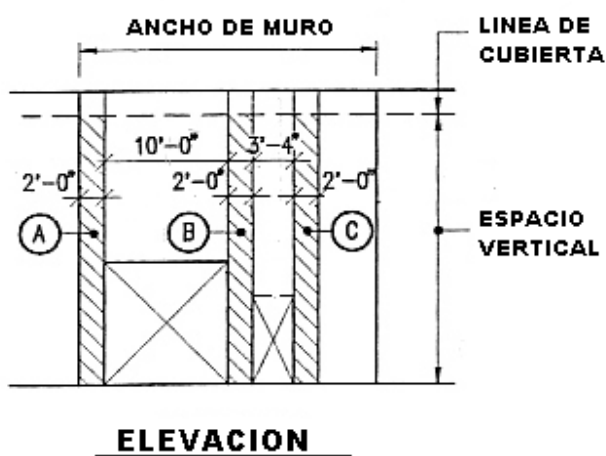
Como ya se menciono anteriormente el espesor de un muro se determina a partir de su altura, generalmente los muros entre 7.00 y 10.50 m de altura se hacen de 17 cm de espesor.

De esta manera y generalizando, para una nave de entre 7 y 9 metros de altura libre se fabrican muros de 17cm de espesor.

### 3.3.2 Muros con vanos.

Cuando se diseñan muros que en su espacio vertical comprendido entre el piso y la cubierta, hay orificios para ventanas, puertas e instalaciones especiales, los orificios deberán estar bien rigidizados para resistir cargas adicionales verticales y horizontales. El diseño para estas condiciones es muy complicado debido a la variación de los momentos de inercia, a las cargas no uniformes y otros factores indeterminados. Para hacer el diseño menos complicado en este tipo de muros es necesario hacer algunas suposiciones simplificatorias.

Los pasos a seguir nos darán como resultado un diseño conservador a un que indudablemente no muy preciso. El dibujo esquemático de la *figura 3.8*, muestra el típico muro con aberturas.



*Figura 3.2 Elevación esquemática de un muro típico con vanos.*

El enfoque básico consistirá en suponer tiras o franjas verticales de muro (que llamaremos "muro recortado") extendiéndose verticalmente desde el piso hasta el techo (A,B,C, en la figura 8.3). Estas actuarán como viga – columna para resistir las cargas tributarias laterales de viento o sísmicas y cargas tributarias verticales que contribuyen a la tira. Casi siempre se necesitarán dos capas de armado para dar fuerza y controlar la flexión. Estas franjas tendrán cuando menos 18" de ancho entre aberturas o entre una abertura y el borde del muro.



A continuación se describe el siguiente procedimiento de diseño para este tipo de muros:

- 1) Calcular el espesor del muro. El cálculo de este deberá ser el mismo que para un muro macizo. Considerar las dos capas de acero para reforzar y rigidizar los entre espacios que confinan los orificios.
- 2) Determinar el número de franjas que se diseñarán. En la *figura 3.8* muestra la forma como se deben considerar los entre espacios o franjas verticales de refuerzo como: el A, B y C los cuales deberán tener un momento relativamente pequeño en la parte superior del orificio.
- 3) Para cada franja de refuerzo determinar que tipo de carga es la que predomina si la sísmica o la de viento. Para el viento, normalmente se supone que el espacio horizontal que queda entre la parte superior del orificio hasta la orilla superior del muro también es afectada, las cargas de viento serán uniformes para toda la altura del espacio vertical, por ejemplo, para la franja de refuerzo "B", el ancho que contribuye uniforme sobre la franja de refuerzo será  $(10/2) + 3.33/2 = 8.67$  pies. Para las fuerzas sísmicas se utilizan las cargas contribuyentes de dintel, lo que resultará como una carga no uniforme a lo largo de la tira. Para la tira B esto resultaría en una carga para la altura de la puerta más pequeña, otra para la parte superior de la puerta más grande y una tercera para la línea del techo (la última sería de 8.67pies). El ancho de la franja "C" es arbitrario, pero con frecuencia se toma como cuatro veces el espesor del muro.
- 4) Determinar las cargas tributarias verticales para cada franja de refuerzo así como la altura donde el momento será máximo. La mayor de las cargas se prorratearan para la franja, lo mismo que se hizo con las cargas laterales. Si se presentan cargas concentradas la carga tiende a extenderse a dos verticales o a una horizontal, mas el ancho del apoyo, y determinamos la carga tributaria sobre la franja.
- 5) Checar el esfuerzo axial en la franja de refuerzo. Si excede de  $0.04f_c$  esta se deberá diseñar como una columna, si  $f_a$  excede  $0.01 f_c$ , entonces los armados opuestos de las varillas deberán amarrarse.
- 6) Calcular el momento último ( $M_u$ ) aproximado (agregándole el 15% para el efecto "P -  $\Delta$ "). Esto se deberá diseñar usando la fórmula de  $A_s$  para determinar el esfuerzo aproximado en cada cara (doble - refuerzo).
- 7) Determinar las propiedades de la sección. Calculamos el  $I_{cr}$  usando un solo lecho de refuerzo.
- 8) Continuar con el diseño de las franjas de refuerzo, incluyendo la deflexión, checar y calcular el efecto "P- $\Delta$ ". Recordando utilizar el ancho total de la franja de refuerzo a un que no sea exactamente de 12 pulgadas de ancho que se consideran normalmente para el diseño de un muro típico. También se deberá recordar que el punto crítico para checar el momento que actúa en la parte superior del orificio.

Se finalizara el calculo si la deflexión no excede de  $h/150$ , si se cumple esta relación el calculo estará bien, entonces la franja de refuerzo vertical del entre espacio supuesto es conservador en la actualidad la carga se distribuye proporcionalmente de la franja reduciendo así las deflexiones.

Aspectos que se deben recordar: En general, el momento efectivo de inercia de un doble refuerzo típico para una franja de refuerzo es cuatro veces su ancho, es casi similar al refuerzo simple de un muro con vanos. Sin embargo esta es una regla práctica y no sustituye a un análisis más minucioso.

Cuando se detalla el refuerzo de las franjas, se deberá especificar el espacio requerido entre cada varilla o mejor a un especificar la altura de las silletas usadas para asegurar la separación de las varillas.

Una recomendación de cuidado: También frecuentemente los maestros fierros al hacer los armados no respetan las separaciones entre varillas verticales y horizontales, pues cuando no son las adecuadas puede reducir significativamente la resistencia a flexionarse y aumentar las deflexiones.

### 3.3.3 Acero de refuerzo.

Los tipos más comunes de varillas usadas para reforzar muros tilt – up son las del #4 o #5 colocados a la mitad del espesor del muro para resistir la fuerza de flexión es igual en ambas direcciones. Cuando se requiere mayor resistencia, como en el caso de los muros con vanos o puntos donde se concentran cargas como la conexión de muros a vigas o armaduras el refuerzo es colocado en ambas caras o en dos lechos. Para esta última condición usualmente se usan varillas del #5 o #6. Las varillas de mayor diámetro como del #7 ocuparían bastante espacio, causando congestión en los muros esto deberá ser evitado.

Las barras de refuerzo se fabrican en base en acero de lingotes, en acero de ejes o en acero de rieles. La mayoría de las barras se fabrican con acero de lingotes o acero nuevo, pero ocasionalmente se laminan usando viejos rieles ferroviarios o ejes de locomotoras. Estos últimos, después de haber sido trabajados en frío durante muchos años, no son tan dúctiles como los nuevos aceros de lingotes.

Hay varios tipos de barras de refuerzo con designaciones de la ASTM que se muestra al final de este párrafo. En estas designaciones, grado 40, significa que el acero tiene un punto de fluencia específico de 40 000 lb/ pulg<sup>2</sup>; grado 60 implica 60 000 lb/pulg<sup>2</sup>, etc.

1. ASTM A615, acero de lingote, grados 40 y 60.
2. ASTM A615, acero de lingote, grado 75 para barras # 11, #14 y #18.
3. ASTM A616, acero de rieles, grados 50 y 60.
4. ASTM A617, acero de ejes, grados 40 y 60.
5. ASTM A706, acero de baja aleación, grado 60.

Es pequeña la diferencia en costos entre los aceros de refuerzo con resistencias de fluencia de 40 000 lb/ pulg<sup>2</sup> y 60 000 lb/ pulg<sup>2</sup>. Por ello las barras de grado 60 son las más comúnmente usadas en el diseño de concreto reforzado.

En casos en que se utilizan muchas varillas en los miembros (cual es una situación más común) , existen tanto limites superiores como inferiores en la separación entre las varillas. Los límites inferiores tienen como objetivo permitir, de manera adecuada, las transferencias de refuerzos del

concreto al acero y facilitar el flujo del concreto húmedo durante el colado. Para columnas, la distancia mínima libre entre varillas se especifica como 1.5 veces el diámetro de las varillas, o bien 1 pulgada.

Para muros y losas, la separación máxima de centro a centro entre varillas se especifica como tres veces el espesor del muro o losa, o bien un máximo de 18 pulgadas. Esto es válido en el caso del refuerzo que se diseña para resistir esfuerzos calculados. Con respecto al esfuerzo necesario para controlar el agrietamiento provocado por contracciones o cambio de temperatura, la separación máxima es cinco veces el espesor del muro o losa, o bien un máximo de 18 pulgadas.

Para lograr la colocación adecuada del concreto, el tamaño máximo del agregado no debe ser mayor que tres cuartos de la distancia libre entre las varillas.

El objetivo esencial del acero de refuerzo es evitar el agrietamiento del concreto producido por los esfuerzos de tensión. En el diseño de las estructuras de concreto el análisis se realiza para determinar previamente las acciones estructurales que producirán el esfuerzo de tensión, principalmente las acciones de flexión, cortante y torsión. Sin embargo, la tensión también puede ser provocada por la contracción del concreto durante su desecación después del colado inicial. Las variaciones de temperatura también pueden producir tensión en varios casos. Para resistir estas acciones, el ACI Code requiere una cantidad mínima de refuerzo en miembros.

En el diseño de la mayoría de los miembros de concreto reforzado, se determina la cantidad de acero de refuerzo que se requiere por medio de cálculos y representa la cantidad necesaria para resistir la fuerza de tensión de temperatura requerida en el miembro. En varias situaciones, sin embargo, existe una cantidad mínima de refuerzo que es conveniente tener, la cual en ocasiones puede exceder la determinada con los cálculos. El ACI Code establece disposiciones con respecto a tal refuerzo mínimo en columnas, vigas losas y muros. El refuerzo mínimo puede especificarse como un porcentaje mínimo del área de la sección transversal del miembro, como un número mínimo de varillas, o como un tamaño mínimo de varillas.

Refuerzo para resistir la contracción, producida por reducción de humedad, y los cambios de temperatura. La función principal del acero de refuerzo es prevenir el agrietamiento del concreto producido por los esfuerzos de tensión. En el diseño del concreto estructural, se realiza el análisis para determinar las acciones estructurales que producirán esfuerzos de tensión que son, principalmente, la flexión, el cortante y la torsión. Sin embargo la tensión también se puede originar debido a la contracción del concreto, que se produce por la reducción de la humedad, durante la desecación después del colado inicial.

Dobleces del refuerzo. En varios casos, a veces es necesario doblar las varillas de refuerzo. El doblado se realiza, de preferencia, en el taller de fabricación y no en el sitio de la obra, y el diámetro del doblado debe ser adecuado para evitar la ruptura de la varilla.

Los dobleces en las varillas se realizan, en ocasiones, para que puedan ser ancladas. El reglamento define el doblado como "gancho normalizado" y los requisitos, para diseñar a los detalles de este tipo de doblado se indica en la siguiente figura.

Al incrementarse el esfuerzo de fluencia del acero, se dificulta cada vez más hacer los dobleces en las varillas cuando el esfuerzo de fluencia sea mayor de  $60 \text{klb} / \text{pul}^2$  [414MPa]; y, en los casos en que sea necesario, deberán hacerse con diámetros de doblado ligeramente mayores que los que se dan en la figura.

A continuación describiremos algunos puntos que deben considerarse para la colocación y detallado de acero de refuerzo en muros tilt-up.

### ESPACIO MÍNIMO DE VARILLAS PARA $\rho_{\max}=0.6\rho_b$

- El espaciamiento de varillas no excederá tres veces el espesor del muro o 18" (460 mm).
- Los traslapes para unir varillas deberán ser determinadas por el Ingeniero estructuralista, pero en general 24" (610 mm) será suficiente para traslapar varillas del #4 y #5, y el Ingeniero estructuralista puede permitir menos. Sin embargo los traslapes deberán ser evitados en muros donde la adición de estos provoque congestión y no son necesarios.
- Cuando los ganchos se especifican en la terminación de varillas, éstos serán de 90° y un desarrollo de 12 veces el diámetro de la varilla.
- En paneles con espesores mayores de 10" (254 mm) será necesario colocar 2 capas de refuerzo, una capa por cada cara.
- El espacio mínimo entre varillas paralelas no será menor que 1" (25 mm) o 1.33 veces el largo.
- La tolerancia para colocar el refuerzo en función de la profundidad del espesor del muro será más o menos de 3/8" (10 mm).
- Alrededor de todos los vanos se colocará al menos una varilla del #5 y aumentando 24" (610 mm) más alta del vano.

La cantidad de acero de refuerzo usado en los muros tilt-up nos sirven para controlar el agrietamiento debido a las contracciones y cambios de temperatura. Y en efecto estas propiedades se juntan para producir las grietas por contracción. Para determinar el espacio de varillas se usa una relación del radio del refuerzo que se utiliza a través del área de la sección del muro y la condición es 0.0012 para el refuerzo horizontal y 0.002 para el vertical, esto para un acero de grado 60 y para un grado 40 corresponden los valores de 0.002 para el refuerzo horizontal y 0.0024 para el vertical. Si el muro es de cortante el mínimo en cada dirección es de 0.0025. Las siguientes *tablas 3.3 a* especifican los espacios del refuerzo una en función de su radio y la otra en función de su porcentaje máximo de acero ( $\rho_{\max}$ ).

ESPACIAMIENTO DE REFUERZO PARA VARIOS TIPOS DE RADIOS						
RADIO DE VARILLA	0.0012		0.0020		0.0025	
MEDIDA DE VARILLA MURO ESPESOR	#4	#5	#4	#5	#4	#5
5 - 1/2"	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
6 "	18	18	117	18	13	18
6 - 1/2"	18	18	15	18	12	18
7 - 1/4"	18	18	14	18	11	17
8 "	18	18	12.5	18	10	15.5
9 - 1/4"	18	18	10.5	16.5	8.5	13.5

*Tabla 3.3a Tabla para el espaciamiento de varilla en función de su radio y del espesor del muro.*

PARA DOBLE CAPA DE REFUERZO									
ESPACIO MÍNIMO "s" (pulgadas)									
PERALTE EFECTIVO "d" (pulgadas)									
No.	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
#4	3.8	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.2	2.1	1.9
#5	6.0	5.3	4.8	4.3	4.0	3.7	3.4	3.2	3.0
#6	8.5	7.5	6.8	6.2	5.6	5.2	4.8	4.5	4.2
#7	4.5	10.3	9.2	8.4	7.7	7.1	6.6	6.2	5.8
#8	15.2	13.5	12.2	11.0	10.1	9.3	8.7	8.1	7.6
EN FUNCIÓN DE $\rho_{\max}=0.6\rho_b$ PARA $f'c= 3000$ psi Y $f_y=60000$ psi									

*Tabla 3.3b Tabla para el espaciado de varilla en función de su porcentaje de acero.*

### 3.3.4 Recubrimiento.

Es necesario proporcionar revestimiento a las varillas de acero por varias razones. La consideración primordial es, simplemente, la necesidad de que el concreto "atrape" al acero, al rodearlo de modo que los dos materiales puedan interactuar eficientemente a la respuesta de la estructura expuesta a las acciones estructurales requeridas. Después de esto, existen las consideraciones prácticas en cuanto a protección contra la intemperie, protección general contra el aire y la humedad que provocan la oxidación, y el aislamiento del acero para su protección contra el fuego.

El recubrimiento se mide como la distancia de la cara externa del concreto al borde de una varilla de refuerzo. En el caso del refuerzo próximo a superficies no expuestas al suelo o a la intemperie, el recubrimiento no debe ser menor a  $3/4"$  [19mm] para losas y muros, y a  $1.5"$  [38mm] para vigas, trabes, y columna. Cuando las superficies terminadas queden expuestas a la tierra o a la intemperie el recubrimiento debe ser de  $1.5"$  [38mm] para varillas del # 5 y más pequeñas y de  $2"$  [51mm] para varillas del #6 al #18. Para cimentaciones colocadas directamente sobre el suelo, sin cimbras, el recubrimiento debe de ser de  $3"$  [76mm].

### 3.3.5 Muros de cortante.

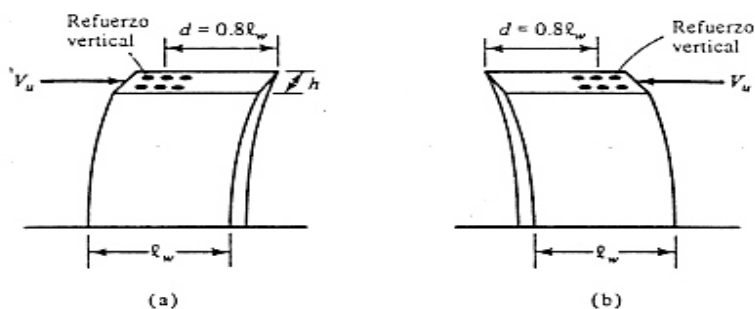
Debido a su rigidez, peso muerto y elevada resistencia, con frecuencia, se utilizan muros de concreto para arriostrar edificios contra los efectos de fuerzas laterales producidas por vendavales y sismos. A un cuando se utilicen otros sistemas de arriostramiento, la presencia de los rígidos muros de concreto provoca que sean los que resistan las cargas, debido a su resistencia elevada a la deformación.

El diseño de muros de cortante para resistencia a efectos del viento o sismos requiere muchas consideraciones con respecto al proyecto de un edificio, determinación de las cargas, diseño del sistema general resistente a fuerzas laterales, anclaje de los componentes del sistema y análisis de los muros para diseño.

Como se indicó antes, la rigidez de los muros de concreto reforzado en su plano pueden ser bastante grandes. Por esta razón, tales muros se usan a menudo para proporcionar resistencia a las fuerzas del viento y de los sismos.

Cuando se diseña una construcción que sea resistente a los sismos, debe recordarse que las partes relativamente rígidas de una estructura atraen fuerzas mucho mayores que las partes flexibles. Una estructura con muros de cortante de concreto reforzado será muy rígida y atraerá por ello a grandes fuerzas sísmicas. Si los muros cortantes son frágiles y fallan, el resto de la estructura no será capaz de absorber el impacto. Pero si los muros cortantes son dúctiles (lo serán si están reforzados apropiadamente), serán muy eficaces para resistir las fuerzas sísmicas.

La *figura 3.10* muestra un muro de cortante sometido a una fuerza lateral  $V_u$ . El muro es como una viga en voladizo de ancho  $h$  y peralte total  $l_w$ . En la parte (a) de la figura el muro está siendo flexionado de izquierda a derecha por  $V_u$ , por lo que se requieren barras de refuerzo en el lado izquierdo tensionado. Si  $V_u$  se aplica desde la derecha, como se muestra en la parte (b) de la figura, el refuerzo se requerirá en el extremo derecho del muro. Puede verse entonces que el muro de cortante necesita reforzarse por tensión en ambos lados, ya que  $V_u$  puede tener los dos sentidos. Para cálculos de deflexión, el peralte de la viga, del extremo de compresión del muro al centro de gravedad de las barras de tensión, se estima aproximadamente igual a 0.8 veces la longitud  $l_w$  del muro de acuerdo con la sección 11.10.4 del ACI.



*Figura 3.4 Muro de cortante.*

Los muros de cortante actúan como una viga vertical en voladizo que al proporcionar soporte lateral quedan sometidos a flexión y fuerzas cortantes. En esos muros, la fuerza cortante máxima

$V_u$  y el momento flexionante máximo  $M_u$  se presenta en la base. Si se calculan los esfuerzos de flexión, sus magnitudes serán afectadas por la carga axial de diseño  $N_u$ , la cual deberá por tanto considerarse sus efectos en el análisis. Si  $N_u$  es una carga de compresión, la fuerza cortante permisible  $\phi V_c$  en un muro será mayor; si  $N_u$  es una carga de tensión, ocurrirá lo contrario.

La fuerza cortante es más importante en los muros con relaciones pequeñas de altura a longitud. Los momentos son más importantes en los muros altos, particularmente en aquellos con refuerzo distribuido uniformemente.

Los muros Tilt-up de cortante resisten fuerzas coplanas transmitidas a ellos desde los diafragmas del techo y el piso. Se deben diseñar para transferir estas fuerzas a la tierra.

Las conexiones entre los muros, que probablemente sólo estén en las líneas de cadena (línea de techo y línea de piso) deben de ser las adecuadas para transferir las fuerzas de corte entre los muros. Normalmente las fuerzas de cadena desde el diafragma son las gobernantes, pero en algunos casos los requerimientos de la transferencia de corte coplanar puede dictar las dimensiones de las varillas y el diseño de la unión.

La transferencia en la base normalmente se logra con las varillas del muro en la franja de cierre, luego en la losa del piso, donde el coeficiente de fricción de la losa con la tierra proporciona la resistencia. Algunos ingenieros utilizan la resistencia a la fricción por el muro descansando en un cimiento continuo (sin embargo, el coeficiente de fricción del concreto sobre tierra es como de 0.4 y de 0.7 del concreto sobre concreto).

Debido a los requerimientos del armado de un muro, es importante saber cuándo un muro está clasificado como "muro de cortante". Ya que los requerimientos del armado para muros de cortante es de 0.0025 veces el área de la sección transversal en cada dirección, esto casi dobla la cantidad de armado del que requiere la temperatura mínima y contracción. Para un edificio de 3720 m<sup>2</sup>, esto añadirá unas 10 toneladas de armado.

Estrictamente hablando, casi cualquier muro soporta cierta cantidad de corte coplanar por viento o sismo durante su vida de servicio, por lo que, técnicamente, es un muro de cortante, aún cuando en la vasta mayoría de los casos el corte coplanar es muy pequeño, normalmente menos de 20 psi.

El Uniform Building Code (1994) ordena que no se requiere que el mínimo de armado para corte en un muro sea de  $0.0025A_g$ , si el corte por factores sísmicos es menor que  $\sqrt{f'c}$ . Por lo tanto, sólo unas cuantas paredes requerirán armado para el esfuerzo de corte, ya que por ejemplo, un muro de 6 pulgadas (152 mm) de espesor puede soportar una carga de corte de casi  $6 \times 12 \times 54.8 = 3944$  lb/ft (5870 kg/m de longitud).

El ACI – 318. Requiere un mínimo de armado para el cortante sí:  $V_u > \phi V_c / 2$ . Ya que  $V_c = 2\sqrt{f'c}$  y  $\phi = 0.85$ , lo que es equivalente a un factor de cortante de  $0.85\sqrt{f'c}$ .

Si un muro es de cortante debe tener un armado de  $0.0025A_g$  en cada dirección, entonces las varillas horizontales deben ser terminadas en ganchos estándares de 90° en sus extremos (bordes del muro) y el espaciado no debe exceder las 18". Y si el corte excede  $2\sqrt{f'c}$  el armado debe ser en dos capas.

### 3.4 Diseño de puntos de izaje.

Generalmente para poder diseñar los puntos de izaje en los muros tilt- up el ingeniero estructurista se apoya de los principales proveedores de estos productos como son: Brune, Dayton – Superior, y Richmond; cada una de estas compañías cuenta con especialistas en el diseño y análisis de insertos de izaje para estructuras de concreto precolado, además elaboran sus propios manuales en don de se describen las especificaciones técnicas que deben cumplir cada uno de sus productos.

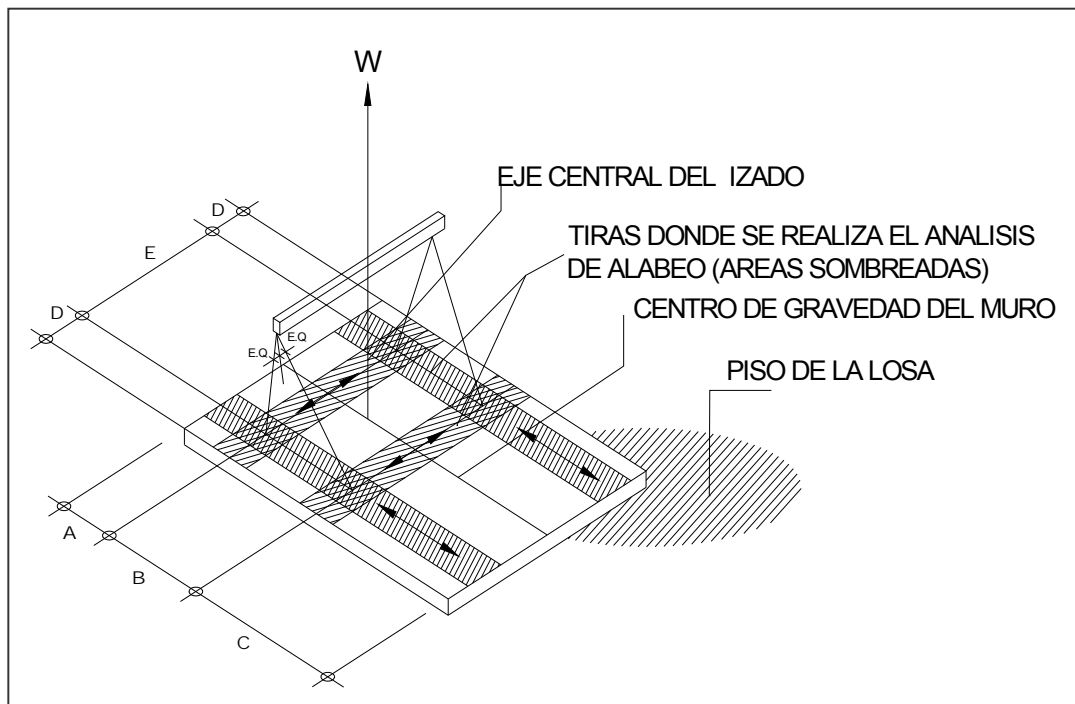
Estos son los pasos que se deberán seguir para el diseño de puntos de izaje:

- El primer paso es hacer un boceto de cada tipo diferente de muro y luego calcularle a cada uno su centro de gravedad tanto vertical como horizontalmente. Esto se realiza con métodos convencionales, tomando los momentos alrededor de un borde . No hay que olvidar de deducir las aberturas y ajustar como sea necesario los espesores variantes del muro y los delineadores de la cimbra. Mientras se hace esto , hay que calcular el peso del muro ( para un peso normal de concreto se utiliza un peso volumétrico de 2400 Kg/cm<sup>3</sup>).
- Determinar el número de puntos de izaje que se van a usar dividiendo el peso del muro por la capacidad recomendada por el vendedor de los insertos de alzado en tensión y cortante , ellos nos dirán como será aplicada. Hay que añadir un tercio del peso del muro para permitir el despegado u succión del muro al iniciar el izado del suelo. Esta carga adicional debe ser además del factor de seguridad 2:1 descrito para los insertos. Hay que recordar que durante el izado, debido a el arreglo de poleas y cables, cada inserto tendrá una carga casi igual ( $\pm 15\%$ ). Utilizar un criterio para determinar un patrón general en el arreglo de los insertos de izaje. Estos puntos deben localizarse de manera que puedan balancear apropiadamente el muro durante el izaje; debe también de haber un número suficiente de agarraderas para distribuir la carga en cada inserto y prevenir que se exceda la resistencia del concreto. Para el arreglo de los puntos de izaje se pueden tomar como base los siguientes:  $2 \times 1$  ,  $2 \times 2$  ,  $4 \times 1$  ,  $3 \times 2$  ,  $4 \times 2$  ,  $2 \times 3$  ,  $2 \times 4$ ; en donde el primer termino identifica el número de insertos y el segundo termino el numero de filas. Es importante usar un mismo arreglo a lo largo de todo el trabajo, ya que diferentes tipos de arreglos aumentarían el tiempo de montaje y como consecuencia el costo. A un que algunas veces habrán excepciones a esta regla. en la figura
- Hay que localizar los puntos de izaje del muro para que sus centros de gravedad coincidan con el centro de gravedad horizontal del muro, y el centro de gravedad en la dirección vertical sea ligeramente desplazado hacia arriba para permitir que la acción del inclinamiento ocurra alrededor del borde inferior durante el izado. Si una localización de un punto de levante ocurre en una abertura, hay que desplazarlo de una manera u otra, pero recordando que su pareja debe desplazarse también para que su centro de izado permanezca igual. El catalogó del vendedor dará recomendaciones para localizar los puntos de izado de tal suerte que los esfuerzos de flexión durante el izado sean mínimos. Lo ideal es tener los mismos momentos, positivos y negativos, durante el izado. No hay que colocar un inserto a menos de 15” del borde del muro o de una abertura.
- Verificar los esfuerzos de flexión dentro del muro. Esta es la parte capciosa. Lo que complica el análisis son las reacciones cambiantes en los puntos de levante conforme el muro rota a una posición vertical. Esto cambiará significativamente los momentos de flexión de aquellos obtenidos cuando el muro estaba horizontal. Para determinar los momentos de flexión y los esfuerzos, se supone que el muro está dividido en tiras verticales y horizontales que pasan por los puntos de izaje (ver figura 3.5) . Una simple parrilla de armado no es efectiva para resistir el esfuerzo de flexión al izar por tanto, el



esfuerzo, el esfuerzo de flexión controla el diseño. La mayoría de los vendedores utilizan un esfuerzo de flexión permisible de  $6\sqrt{f'c}$ . La mínima resistencia del concreto al izado, como lo determinan las pruebas, es de 2500 psi. Esto da un esfuerzo de flexión de 300 psi. Se puede especificar un armado adicional en una o ambas caras si es necesario.

- Si los muros tienen formas raras o un gran número de aberturas, puede ser necesario que se utilicen viguetas (canales de fierro o aluminio), que deben diseñarse. Va más allá del alcance de este procedimiento resumido el ir al diseño de viguetas o arreglos de izado de dichos muros. Hay que recordar que la vigueta deberá tener rigidez equivalente de la sección que reemplaza y que las conexiones de la vigueta al muro estén diseñadas apropiadamente.
- Los muros de dintel y los muros de bardas se levantan agarrándolos del borde superior. El análisis del muro es entonces más fácil y la altura vertical a la que el muro puede izarse desde su borde dependerá de su espesor. Por ejemplo, un muro de dintel puede levantar desde su borde un poco menos de 3.353 m de alto.



*Figura 3.5 Análisis del muro durante el izado.*

En lo que se refiere a la resistencia de todos los tipos de insertos es importante mencionar que está determinada por los elementos mecánicos a los que son sometidos, además de estar íntimamente relacionados con la resistencia del concreto. Cuando un inserto es sometido a una

fuerza de tensión (formula 1), aparece una fuerza de resistencia dada por el concreto (formula 2); esto se explica mediante las siguientes expresiones:

$$F_T = K\sqrt{f'c} \dots\dots\dots 1$$

Donde:

$F_T$  = Resistencia ultima de tensión diagonal resultado de una fuerza cortante.

$f'c$  = Esfuerzo de compresión del concreto.

$K$  = Factor que depende de las características del concreto, varía de 1.9 a 6 y para muros tilt-up se recomienda el valor de 4.

$$P_{concreto} = 0.85A_c 4\lambda\sqrt{f'c} \dots\dots\dots 2$$

Donde:

$P_{concreto}$  = Máxima carga de tensión soportada por el concreto.

$\lambda$  = Factor de reducción usado en depende del peso del concreto.

Es decir:

Si Peso del concreto > 110 lbs / cu. ft ,  $\lambda = 0.7$

Si Peso del concreto = 110 lbs / cu. ft ,  $\lambda = 0.6$

$A_c = l_e \pi ( l_e + dh )$  Área del cilindro donde se concentra la tracción en el concreto sus valores se dan en función de la geometría del inserto ( ver fig3.6. ) .

Cuando el valor de “ Pconcreto” excede la capacidad última de tensión de el inserto, el inserto fallará.

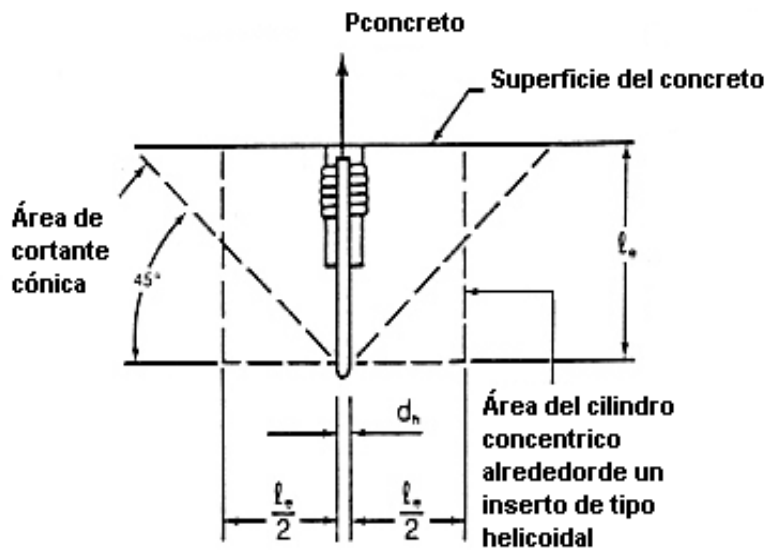


Figura 3.6 Configuración gráfica de los esfuerzos que actúan en el concreto debido a los insertos de izaje.

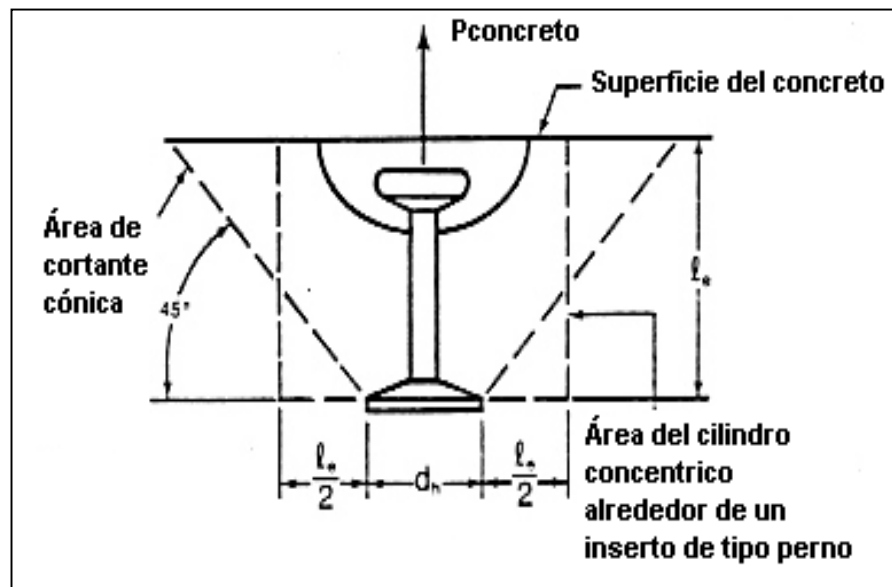


Figura 3.7 Configuración gráfica de los esfuerzos que actúan en el concreto debido a los insertos de izaje.

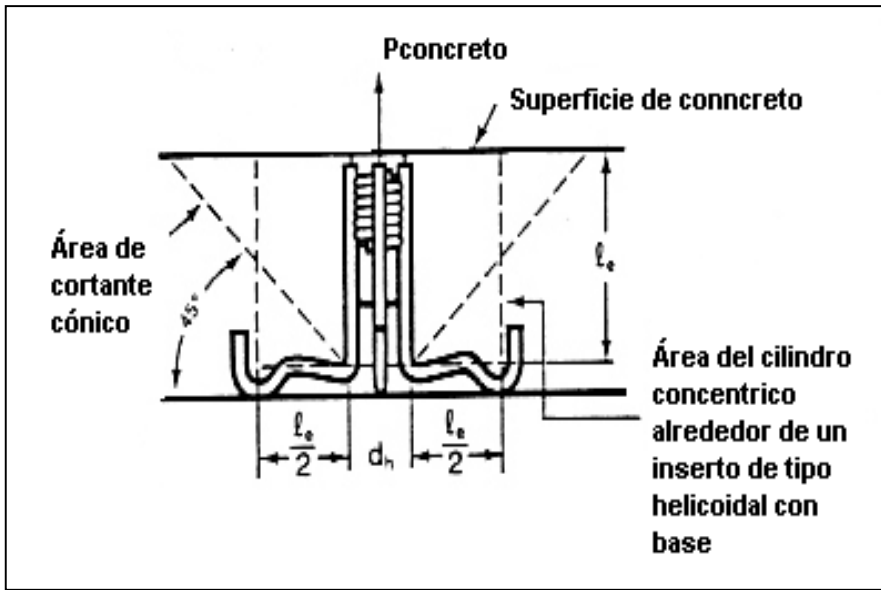


Figura 3.8 Configuración grafica de los esfuerzos que actúan en el concreto debido a los insertos de izaje.

- **Condiciones de Carga:**

Cuando la carga  $P$  es soportada por solo 2 insertos la reacción vertical  $R$  que soporta cada inserto es  $\frac{1}{2} P$ , existe también una fuerza vertical  $V$  que necesita ser sumada a  $R$  la cual es causada por la componente  $H$  de la fuerza  $T$ .

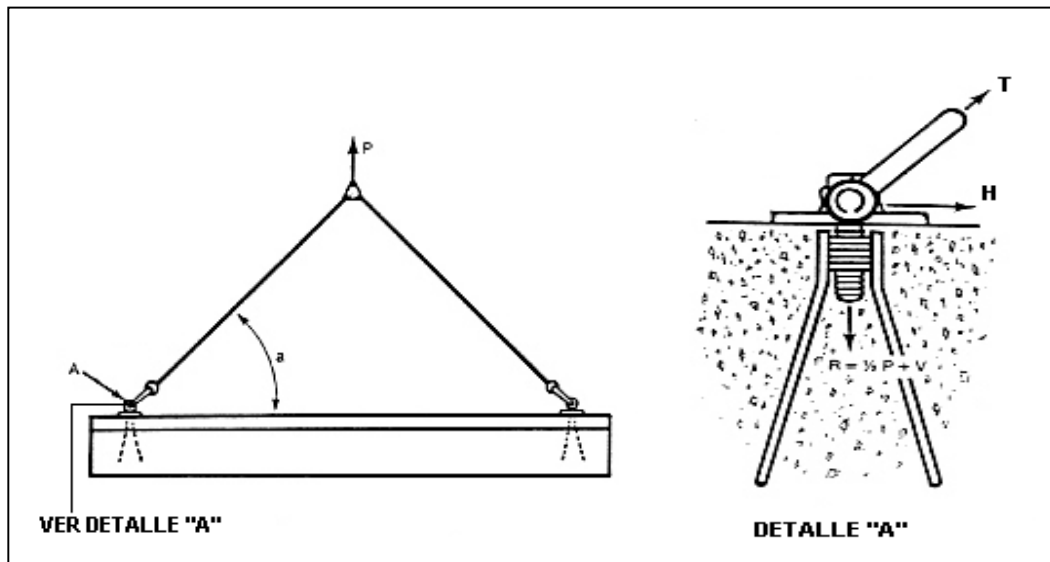


Figura 3.9 Fuerzas y reacciones que actúan en los insertos de izaje.

La fuerza horizontal  $H$  que es ejercida sobre el inserto y sobre el concreto circundante es proporcional para la carga total y para el ángulo  $a$  que hay entre el estrobo y la superficie del muro. La magnitud de esta fuerza se expresa se define mediante la siguiente ecuación:

$$H = \frac{P}{2}(\cot a)$$

La magnitud de la fuerza de tensión sobre los estrobos es también proporcional para la carga total y para el ángulo  $a$ , esta fuerza puede ser expresada por la ecuación.

$$T = \frac{P}{2\text{sena}}$$

Cabe mencionar que el esfuerzo que se produce es una combinación de cortante y tensión diagonal. Para el cálculo de este tipo de esfuerzos se aplica el siguiente análisis:

Se supone una fuerza transversal  $H$  actuando sobre un inserto que tiende a causar una traslación lateral y la curvatura del perno. Si el perno esta bien sujeto, el momento lateral deberá ser impedido por las fuerzas de fricción, y más importante aun por el de la fuerza  $C$  que se ejerce por la base del plato de izaje sobre el concreto y la fuerza de tensión  $V$ .

Solo bajo muy raras circunstancias la fuerza  $H$  será aplicada a la cara del concreto. Usualmente estas condiciones se presentan cuando la fuerza  $H$  es aplicada a una distancia  $e$  a partir de la superficie del muro, ver Fig.310.

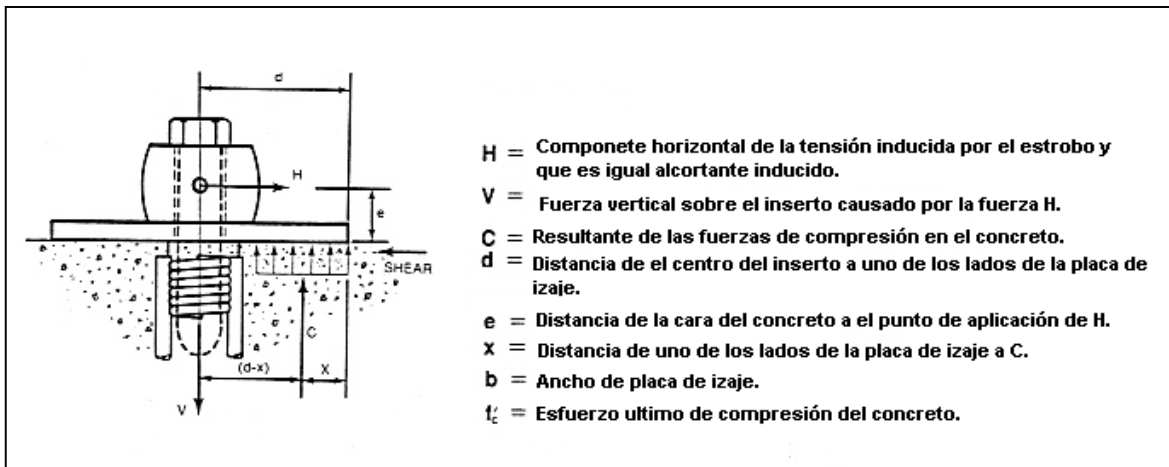


Figura 3.10 Fuerzas, reacciones y esfuerzos que actúan en los insertos de izaje.

Se supone que las fuerzas que actúan sobre el inserto están en equilibrio, las siguientes ecuaciones expresan matemáticamente el balance de las fuerzas alrededor de los insertos.

$$1. (H)(e) = (C)(d - x)$$

$$2. V = C$$

$$3. (H)(e) = (V)(d - x)$$

$$4. V = \frac{(H)(e)}{(d - x)}$$

El valor de la distancia  $x$  se determinara en función del tipo de distribución de esfuerzos a compresión que se desarrolle bajo la placa de izaje, es decir:

Si la distribución es triangular:

$$5. C_{\max} = \left(\frac{1}{2} f'c\right)(db) \text{ donde } x = \frac{d}{3}$$

Si la distribución es rectangular:

$$6. C_{\max} = (f'c)(db) \text{ donde } x = \frac{d}{2}$$

Si la distribución es trapezoidal (el más común).

$$7. C_{\max} = (0.85 f'c)(db) \text{ donde } x = \frac{5}{12}d$$

Algunos fabricantes recomiendan asumir la distribución de esfuerzos de compresión rectangular pues es valido y conservador para más condiciones.

$$1. \text{ De la ecuación (4) tenemos } V = \frac{2(e)(H)}{d}$$

Los insertos que son sometidos a cargas de tensión y cortante deberán satisfacer la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{f_t}{F_t}\right)^2 + \left(\frac{f_v}{F_v}\right)^2 \leq 1.0$$

donde

$f_t$  = carga de tensión inducida

$F_t$  = carga de trabajo por tensión en el inserto

$f_v$  = carga de cortante inducida

$F_v$  = carga de trabajo por cortante en el inserto

En resumen estos son los factores que se consideran para seleccionar el tipo de inserto que se deberá utilizar:

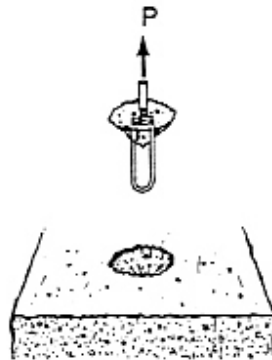
1. Peso de el elemento de concreto
2. Adhesión sobre la superficie de colado
3. Tipo de concreto
4. Cargas dinámicas ( son las cargas que se presenta durante el montaje del muro)
5. Esfuerzo de compresión del concreto en el momento de montaje
6. Numero de insertos ó puntos de izaje
7. Dirección de empuje dada por el ángulo que se forma entre los cables de izaje y el muro
8. Esfuerzo de flexión del concreto
9. Espesor del muro
10. Dimensiones del muro

Cargas por Adhesión en función del material utilizado como cimbra:

- Cimbra de concreto o plantilla de colado..... 97.64 kg/ m<sup>2</sup>
- Cimbra de acero..... 122.05 kg/m<sup>2</sup>
- Cimbra de madera ..... 244.10 kg/m<sup>2</sup>
- Cimbra de madera en una arista del muro ..... 366.15 kg/m<sup>2</sup>

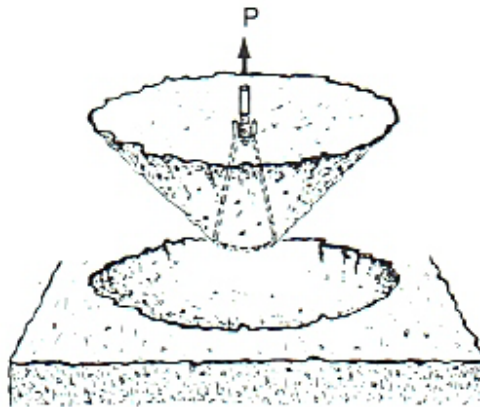
Todos los insertos embebidos en concreto pueden llegar a fallar si no se aplica un estricto control de calidad durante su colocación o si la calidad de los materiales o el concreto no son los adecuados. Hay cuatro tipos de falla que pueden presentar los insertos:

1. Cuando el inserto sale totalmente de la superficie de concreto con muy poca daño aparente. Este tipo de falla ocurre cuando no existe una perfecta adherencia entre el concreto y el inserto, lo cual sucede cuando el concreto es de temprana edad o baja resistencia *Fig. 3.11 a.*



*Figura 3.11a Falla de un inserto cuando la adherencia concreto / inserto es baja.*

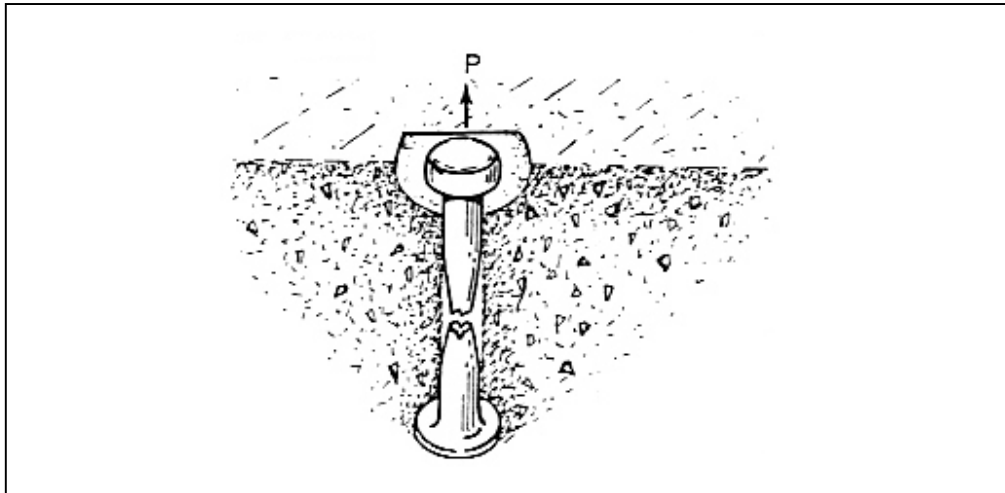
2. El inserto se desprende trayéndose consigo un cono de concreto envolvente del inserto mismo. Únicamente ocurre cuando la resistencia del concreto es baja. La resistencia a la tensión del cono de cortante alrededor del inserto es menor que la resistencia del propio inserto *Fig. 3.11b.*



*Figura 3.11b Falla de un inserto cuando la resistencia del concreto es baja.*

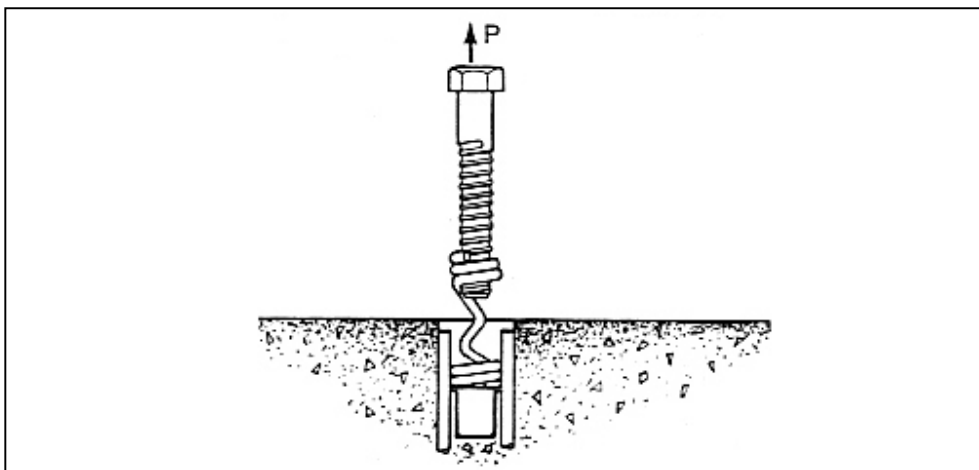


3. El inserto falla rompiéndose. Generalmente este tipo de falla ocurre cuando se tiene un concreto de alta resistencia y la carga a la que trabaja el inserto es cercana a su resistencia última *Fig. 3.11c*.



*Figura 3.11c Falla de un inserto cuando la resistencia del inserto es baja.*

4. Los insertos para tubo telescópico y de borde. Que prácticamente son una rosca helicoidal, presentan otro tipo de falla; el tornillo debe introducirse en la rosca cuando menos a quedar a 2.0 cm. de la base del inserto, de lo contrario la fuerza de tensión sería solo tomada por un número menor de vueltas de la rosca, lo que podría provocar que esta se extienda y se desenrosque *Fig. 3.11d*.

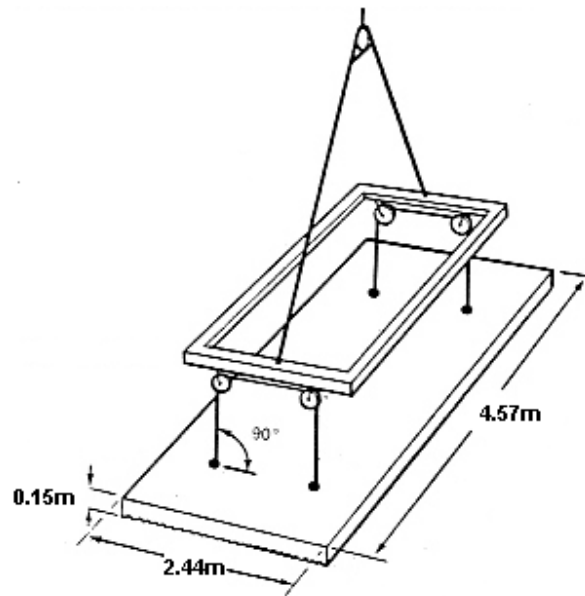


*Figura 3.11d Falla de un inserto cuando el tornillo no enroca bien.*

- **Ejemplos de diseño para seleccionar insertos de izaje.**

Seleccionar la longitud y capacidad de carga de los insertos mostrados en los siguientes muros tilt –up.

- **Ejemplo 1.**



- **Peso del muro:**

$$(4.572 \text{ m} \times 2.438 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) = 4077.63 \text{ kg}$$

- **Fuerza de adhesión:**

$$(4.572 \text{ m} \times 2.438 \text{ m}) (366.15 \text{ kg/m}^2) = 4081.30 \text{ kg}$$

- **Peso efectivo del muro:**

$$4077.63 \text{ kg} + 4081.30 \text{ kg} = 8158.93 \text{ kg}$$

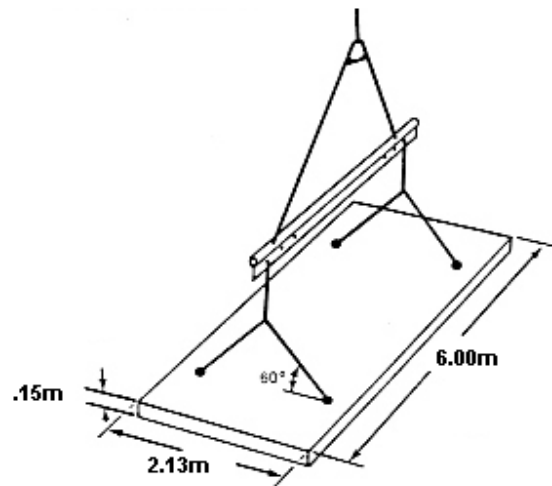
- **Capacidad requerida del inserto:**

$$(8158.93 \text{ kg}) / 4 = 2039.735 \text{ kg}$$

- **La altura máxima del inserto es de 0.1397 m considerando el recubrimiento.**

- Con estos datos, se busca, en las diferentes tablas que se encuentran en el manual del proveedor el inserto apropiado.

- **Ejemplo 2.**



- **Peso del muro:**

$$(6.096 \text{ m} \times 2.133 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) = 4680.31 \text{ kg}$$

- **Fuerza de adhesión:**

$$(6.096 \text{ m} \times 2.133 \text{ m}) (122.05 \text{ kg/m}^2) = 1586.20 \text{ kg}$$

- **Peso efectivo del muro:**

$$4680.31 \text{ kg} + 1586.20 \text{ kg} = 6266.516 \text{ kg}$$

- **Capacidad requerida del inserto:**

$$(6266.516 \text{ kg}) / 4 = 1566.63 \text{ kg}$$

- En este caso el ángulo entre los estobos y la cara superior del muro tiene una inclinación de 60°, por esta razón se calcula una componente horizontal y una componente vertical:

$$H = 1566.63 \text{ kg} \times \cot 60^\circ = 1566.63 \text{ kg} \times 0.578 = 905.512 \text{ kg}$$

$$V = 2 (e) H / d = 0.65 \times 905.512 \text{ kg} = 604.877 \text{ kg}$$

- Capacidad por cada inserto:

$$1566.63 \text{ kg} + 604.877 \text{ Kg} = 2171.507 \text{ kg}$$

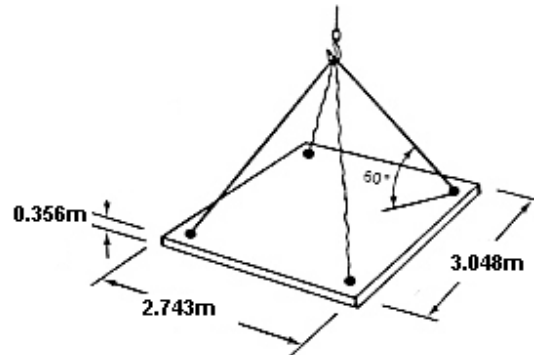
- La altura máxima del inserto es de 0.1397 m considerando el recubrimiento.
- Con estos datos, se propone un inserto: F-56 de tipo helicoidal de 2.54 cm de diámetro, 13.97cm de largo y con una capacidad de carga de 2875 kg.
- Se revisa la combinación de cargas de tensión y cortante que debe ser menor que " 1 ", es decir :

$$\left( \frac{f_t}{F_t} \right)^2 + \left( \frac{f_v}{F_v} \right)^2 \leq 1.0$$

$$(2171.507/2875)^2 + (905.512/2208)^2 = 0.74$$

“ 0.74 < 1 cumple “

- **Ejemplo 3.**



- **Peso del muro:**

$$(2.743 \text{ m} \times 2.743 \text{ m} \times 0.356 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) = 7135.84 \text{ kg}$$

- **Fuerza de adhesión:**

$$(3.048 \text{ m} \times 2.743 \text{ m}) (97.64 \text{ kg/m}^2) = 816.34 \text{ kg}$$

- **Peso efectivo del muro:**

$$7143.87 \text{ kg} + 816.34 \text{ kg} = 7960.21 \text{ kg}$$

- **Capacidad requerida del inserto:**

$$(7960.21 \text{ kg}) / 2 = 3980.1 \text{ kg}$$

- En este caso el ángulo entre los estrobos y la cara superior del muro tiene una inclinación de  $60^\circ$ , por esta razón se calcula una componente horizontal y una componente vertical:

$$H = 3980.21 \text{ kg} \times \cot 60^\circ = 3980.21 \text{ kg} \times 0.578 = 2300.5 \text{ kg}$$

$$V = 2 (e) H / d = 0.833 \times 2300.5 \text{ kg} = 1916.54 \text{ kg}$$

- **Capacidad por cada inserto:**

$$3980.21 \text{ kg} + 1916.31 \text{ Kg} = 5896.51 \text{ kg}$$

- La altura máxima del inserto es de 0.3048 m considerando el recubrimiento.
- Con estos datos, se propone un inserto: F-60 de tipo helicoidal de 3.38 cm de diámetro, 30.48 cm de largo y con una capacidad de carga de 7475 Kg.
- Se revisa la combinación de cargas de tensión y cortante que debe ser menor que "1", es decir:

$$\left(\frac{f_t}{F_t}\right)^2 + \left(\frac{f_v}{F_v}\right)^2 \leq 1.0$$

$$(5896.52/7370.88)^2 + (1914.38/5060)^2 = 0.78$$

“ 0.78 < 1 “cumple.

## ESQUEMA AUXILIAR EN EL DISEÑO DE INSERTOS DE TIPO PERNO.

TABLA PARA DETERMINAR EL FACTOR "F" EN FUNCIÓN DE 'φ' :					
"φ"	0°	30°	60°	90°	120°
"F"	1.00	1.04	1.16	1.42	2.00

P = Fuerza de tensión

φ = Angulo entre los estrobos

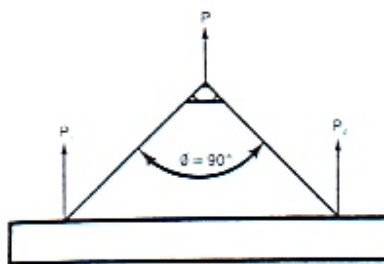
P<sub>1</sub> or P<sub>2</sub> = Fuerzas actuantes en los insertos

PxF = Peso efectivo del elemento

$P_1 \text{ or } P_2 = \frac{PxF}{2}$

• **Ejemplo 3.**

Calcular la carga a la que es sometido cada uno de los insertos del siguiente esquema, si el muro tiene forma rectangular y mide 4 m de ancho, 6 m de alto y 0.15 m de espesor.



➤ Peso del muro:

$$(4.00 \text{ m} \times 6.00 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) = 8640 \text{ kg}$$

- Fuerza de adhesión:

$$(4.00 \text{ m} \times 6.00 \text{ m}) (97.64 \text{ kg/m}^2) = 2343.36 \text{ kg}$$

- Peso efectivo del muro:

$$8640 \text{ kg} + 2343.36 \text{ kg} = 10983.36 \text{ kg}$$

- En este caso el ángulo entre los estrobos tiene una abertura de  $90^\circ$ , por esta razón el peso efectivo del muro se afecta por el factor " F " de la tabla anterior.

$$(10983.36 \text{ kg}) (1.42) = 15596.37 \text{ kg}$$

- Capacidad requerida del inserto:

$$(15596.37 \text{ kg}) / 2 = 7798.19 \text{ kg} / \text{inserto}$$

- Con la capacidad se busca en el manual del proveedor el inserto que cumpla con la misma.

### 3.5 Diseño de puntales.

El diseño de puntales por medio de tubos telescópicos llamados también Bracing es muy importante. Para el diseño de estos se debe hacer notar que los tubos telescópicos no cargan al muro, solamente impiden que el muro se salga de su vertical por causa de la acción del viento o en su caso dependiendo del lugar por la acción de sismo. Sin embargo, las acciones predominantes son las del viento, por esta razón el diseño de puntales en los muros tilt-up se hace solamente por viento. La presión por pie cuadrado estará en función de la velocidad del viento al cuadrado. El Tilt –Up Desing and Construction Manual establece una formula para calcular la presión del viento, en pounds por pies cuadrados de área de muro, y que es igual a 0.004 veces la velocidad del viento en mph, elevada al cuadrado ( $p = 0.04v^2$ ), estos valores se tomaran en función de el lugar donde se localice el proyecto.

Cada muro puede necesitar mas de un tubo, para determinar el número necesario de estos, se considera la carga por viento sobre el muro, que concentrada en el centro de gravedad, le provoca un momento al muro que debe ser equilibrada por otro momento formado por la proyección horizontal de la fuerza que da el tubo anclado al piso.



La proyección de la reacción por parte del tubo es igual a la fuerza que provoca la carga por el viento, dicha fuerza se proyecta sobre la línea de acción del tubo para determinar la fuerza que debe resistir éste, se recurre a tablas del fabricante para conocer las cargas admisibles de los diferentes tipos de tubos, y en base al tubo requerido por su longitud, se determina el número de tubos que se necesitan para soportar la fuerza del viento. Para mayor claridad obsérvese la siguiente figura 3.13.

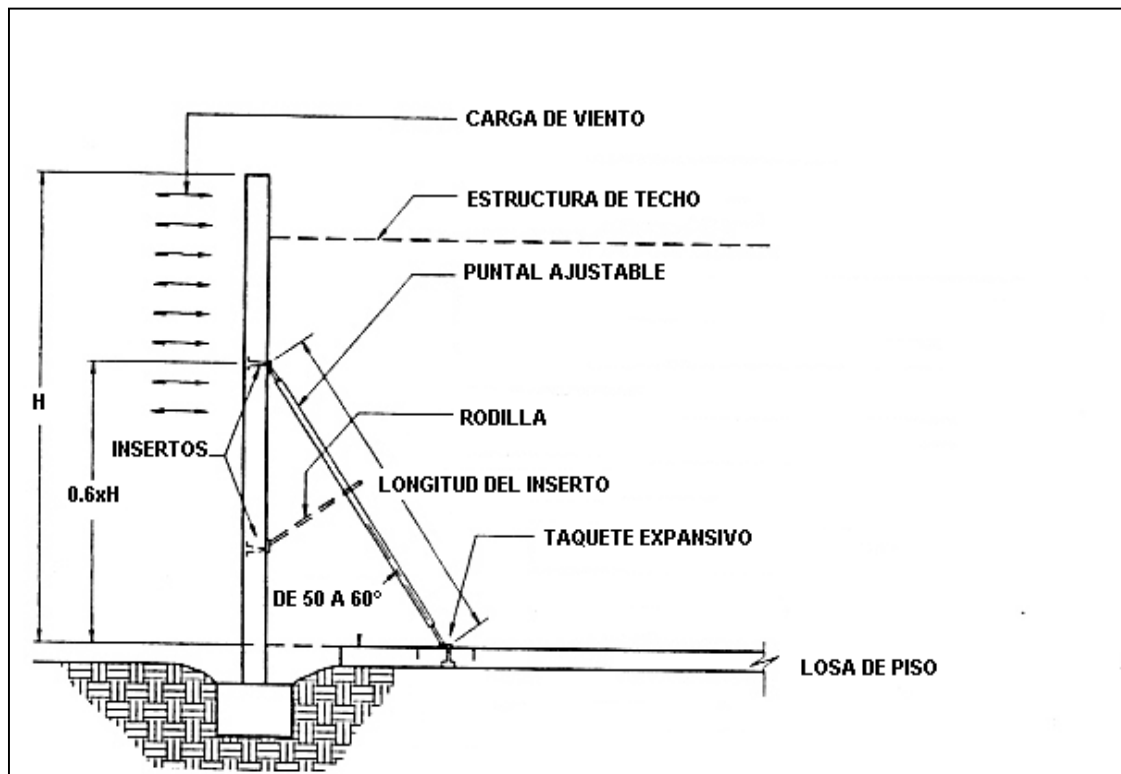


Figura 3.13 Esquema de puntales en muros tilt -up

Cuando se finaliza el diseño de los puntales es importante hacer un croquis en planta del muro especificando la localización de los insertos de izaje y de los insertos para los puntales, y otro en alzado especificando la altura de conexión al muro, la cual se recomienda colocar a  $0.6$  de la altura del muro, la distancia horizontal de conexión al piso será  $0.5$  de la altura del muro y la longitud del tubo se obtendrá multiplicando  $0.83$  por la altura del muro; así como, todos los detalles para su correcta y rápida instalación.

## **3.6 Proyecto Nave Industrial Sigma - Aldrich.**

### **3.6.1 Generalidades del proyecto.**

La base del éxito de toda obra de ingeniería es el proyecto, ya que este nos ayuda a programar los requerimientos de los materiales y de mano de obra, los costos y el tiempo de ejecución. Las partes constitutivas de el en su conjunto (estudio de mecánica de suelos, estudio topográfico, proyecto arquitectónico, proyecto estructural, proyecto eléctrico, proyecto sanitario etc.) deben estar ligadas entre sí de forma global y en detalle, para ello se debe trabajar de manera colectiva, intercambiando información y discutiendo los problemas que llegasen a surgir en el proceso de la elaboración de dicho proyecto y cuando sea posible realizar juntas de trabajo tanto de oficina como en obra.

El proyecto para la construcción de una obra con muros tilt – up consiste básicamente en interpretar adecuadamente la idea general y las necesidades del cliente para posteriormente plasmar las en bosquejos en papel con la información necesaria para formular un anteproyecto de presupuesto que posteriormente sirva para el proyecto definitivo.

Para dar inicio a un proyecto de muros tilt – up se debe contar con la siguiente información:

- a) Proyecto topográfico, trazo y niveles de terreno.
- b) Estudio de mecánica de suelos.
- c) Proyecto arquitectónico.
- d) Localización de la obra.
- e) Uso del inmueble para determinar las cargas que van a actuar sobre la estructura.
- f) Cuando sea una planta industrial y/o cuando cuente con equipo pesado, tener las características y ubicación de los mismos.

Con esta información y cuando se disponga de un panorama de necesidades de la obra se inicia con el diseño de la estructura.

Se expondrá brevemente un ejemplo de una obra construida a base de muros tilt – up de acuerdo a los siguientes datos:

Obra: Almacén de Productos Químicos.  
Cliente: SIGMA – ALDRICH.  
Ubicación: Parque Industrial Toluca 2000.

### **Descripción del edificio.**

Se diseñará un edificio para distribución de productos químicos. El proyecto consiste en un edificio principal, cuyas dimensiones en planta son de 40 x 25 metros, con un área de 1000 m<sup>2</sup>; y un edificio de dos niveles para área de oficinas cuyas dimensiones en planta son 12.5 x 20 metros,

con una superficie de 50m<sup>2</sup> por cada nivel. En ambos edificios se utilizará el sistema Tilt – Up. La altura libre desde el piso a la parte más baja de la estructura de cubierta será de 7.00 metros, en el área del edificio principal. Los claros entre columnas será de 12.5 x 20.00 m, en las direcciones longitudinal y transversal del edificio respectivamente. La cubierta del edificio será a un agua con una pendiente del 2%. Se dejará prevista una ampliación a futuro en las dos direcciones con el mismo sistema de estructuración.

La descarga pluvial de la cubierta, será a canalones de lámina que se colocarán a los costados exteriores del edificio y que a su vez descargarán a bajantes pluviales.

En el edificio de área de oficinas la losa de entrepiso así como la losa de azotea será de losacero Romsa con 5 cm de concreto, soportada por armaduras tipo joist de 12.50 m de longitud.

#### Cimentación.

Se diseñaran las cimentaciones de las columnas interiores y de los muros perimetrales para una capacidad de carga de 10 ton/ m<sup>2</sup>. En todos los casos se considerarán las cargas gravitacionales de la cubierta, incluyendo la carga viva máxima, el peso de los muros o de las columnas y el peso propio de la zapata. Para la condición de carga de sismo más cargas gravitacionales, se considerará una carga viva reducida, las cargas muertas actuantes y las cargas producidas por el efecto del sismo. Se revisará a la condición de volteo en la dirección longitudinal a cada muro y los esfuerzos actuantes en el suelo para esta combinación de cargas.

#### Muros Tilt – Up.

El diseño de los muros estructurales, se hará tomando en cuenta las cargas gravitacionales indicadas por la cubierta, con las excentricidades correspondiente, el peso propio de los muros y una carga de viento perpendicular al muro y con una velocidad de 110 Km / Hr. Se tomarán en cuenta los efectos de esbeltez en función de la altura, el espesor y las cargas actuantes en los muros.

#### Estructura de cubierta.

La estructura de cubierta será a base de armaduras principales en los claros de 12.50m, armaduras secundarias en los claros de 20.00 m y lámina estructural apoyada en las armaduras secundarias. La lámina estructural, además de transmitir las cargas gravitacionales a las armaduras, funcionará como un diafragma para transmitir las cargas horizontales de viento y de sismo, a los elementos resistentes.

#### Losas de piso.

Las losas de piso se diseñaran con los criterios de P.C.A. (Portlan Cement Association) para pavimentos rígidos. El parámetro de resistencia del suelo será de 5.5 kg/m, que corresponde a un suelo de soporte de buena calidad. Las losas interiores de los almacenes se diseñaran para una carga correspondiente a un montacargas de 2.8 ton de capacidad con una separación de ruedas de 1.2 m y peso de 2.0 ton. Adicionalmente se revisará para una carga uniforme de 6 tom/m<sup>2</sup> con ancho de pasillo de 3.0m.

Los pavimentos exteriores se diseñarán para una carga de camión de 10 ton/eje.

Análisis por sismo.

El análisis por sismo se hará considerando un coeficiente sísmico de 0.20 y un factor de reducción de fuerzas sísmicas por ductilidad de 2, de acuerdo a la regionalización sísmica de la República Mexicana del Manual de obras Civiles de la C.F.E. Se revisará la transmisión de esfuerzos cortantes en la cubierta y la distribución de fuerzas sísmicas en los muros de acuerdo a su rigidez y tomando en cuenta los efectos de cortante directo y torsión en el edificio.

Materiales.

Concreto de cimentación.	$f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$
Losas de piso.	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Concreto en columnas y muros Tilt – Up.	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Lámina estructural	$F_y = 2813 \text{ kg/cm}^2$

Las cargas muertas se determinaron de acuerdo a los acabados y el sistema constructivo de la cubierta, las cargas vivas y el coeficiente sísmico de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

### 3.6.2 Estructuración.

La estructuración de un edificio requiere de la capacidad de realizar dos importantes actividades. La primera es la disposición lógica, con respecto a su forma geométrica, sus dimensiones y propiedades reales, y la ordenación de los elementos estructurales para lograr su estabilidad básica e interacción adecuada. Todos estos aspectos se deben enfrentar, sea el edificio simple o complejo, pequeño o grande, de construcción común o totalmente única.

Las vigas deben estar apoyadas y tener peraltes adecuados para cubrir los claros; se deben analizar los empujes de los arcos; las columnas de los niveles superiores se deben centrar sobre las columnas de abajo, etc.

La segunda actividad de importancia en la planificación estructural es la definición de las relaciones entre la estructura y el edificio en general. La planta del edificio debe ser "vista" como una planta estructural. Es posible que si hay más de dos no sean, exactamente, las mismas; sin embargo, debe haber correspondencia entre ellas. "Ver" la planta estructural (o, posiblemente, varias opciones de plantas), inherente a una planta arquitectónica particular, es una importante actividad para los proyectistas de estructuras para edificios.

Afortunadamente, la planificación arquitectónica y la planificación estructural se realizan interactivamente, no una después de la otra. Mientras el arquitecto conozca mejor sobre los problemas estructurales y el proyectista (si es otra persona) tenga la noción de los problemas arquitectónicos, existen más probabilidades de que resulte un diseño interactivo.

En lo referente a la estructuración del edificio para “SIGMA – ALDRICH” que es del tipo tilt-up se tienen varias consideraciones; principalmente se tiene que definir la modulación de los muros del edificio ( esto en la planta arquitectónica preliminar) para poder saber la posición final de cada uno de ellos , así como, el tipo de muro *ver figura.3.14* Cuando ya se cuenta con la modulación y posición final de los muros se tiene con esto la planta arquitectónica del proyecto del tilt –up completa, la cual servirá como base para definir el proceso de selección y ubicación de todos los elementos estructurales que se necesiten para tener un arreglo adecuado con el fin de asegurar la estabilidad del edificio. Los criterios que se seguirán para seleccionar y ubicar a los elementos estructurales serán de acuerdo a la función que cumpla dentro del proyecto es decir, ya sea: salvar un claro, encerrar un espacio, soportar a otro elemento, contener un empuje etc. Ya definida la función de cada elemento se podrá establecer el tipo de esfuerzo al que es sometido como lo es: Tensión, compresión, flexión, torsión, flexo-compresión y flexo – tensión. Estos dos criterios nos darán las bases para saber si utilizaremos: columnas, castillos, muros, trabes, vigas, armaduras, cables etc.

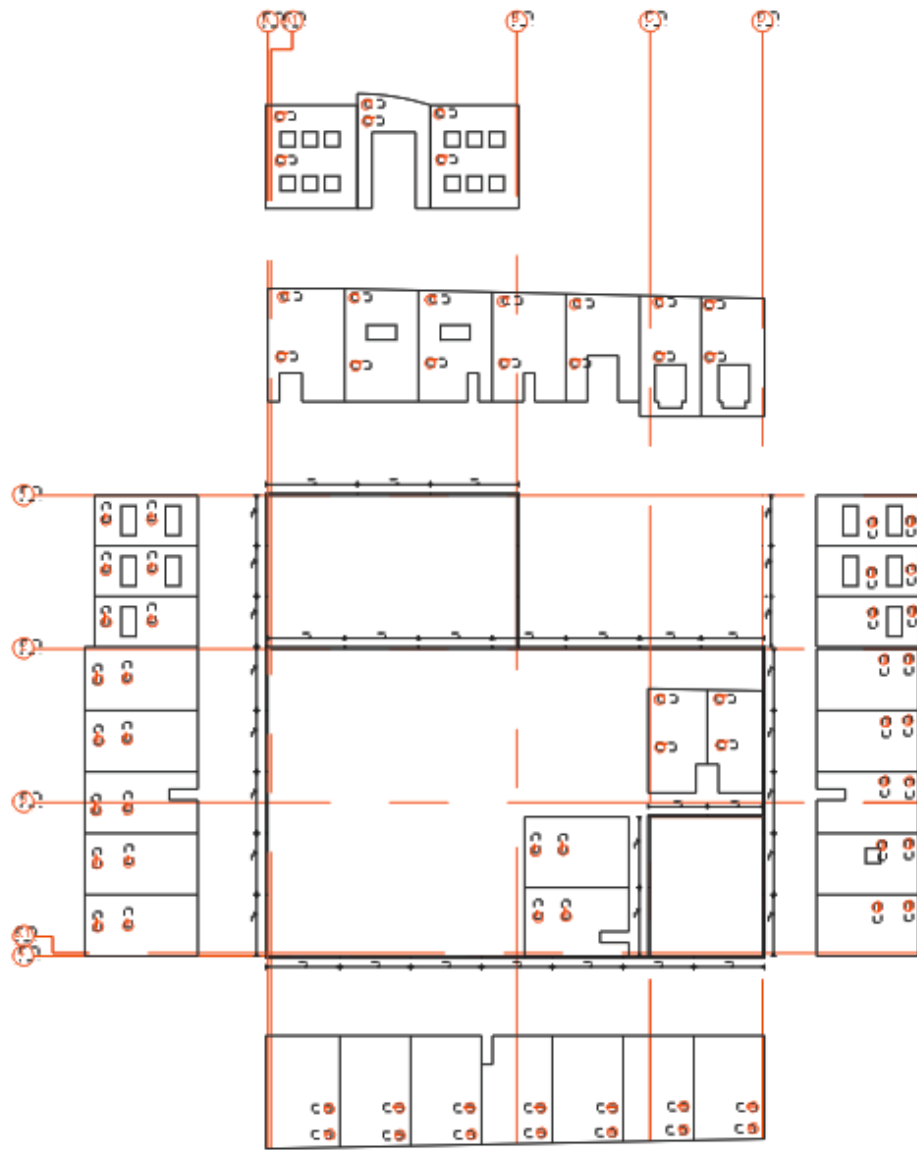
Es recomendable que la estructuración de un edificio tilt – up sea hecha por el ingeniero estructurista en conjunto con el arquitecto durante el diseño preliminar, ya que durante este proceso se determinaran las medidas de los paneles la localización de las juntas, conexiones, así como, la forma como se aplicaran y localizaran las acciones verticales, laterales que definirán que muros son de carga, de cortante y secundarios. A continuación mostraremos la estructuración del proyecto que aborda este trabajo de tesis, en el cual, se definirán todos los elementos estructurales que integrarán al edificio, estos elementos son: armaduras, cubierta estructural, muros de carga columnas, muros secundarios y cimientos.

- Modulación del edificio:

En este caso se tiene un edificio para nave industrial y otro para oficinas, ambos de forma rectangular ,en donde, los lados que componen a cada uno de los edificios estarán constituidos por un conjunto de muros, y para cada uno de estos muros se definirán sus alturas y sus anchos, también es recomendable que durante la modulación se le asigne un orden y se defina un tipo de muro, el orden se dará asignándole un número consecutivo , este número consecutivo establecerá el orden de colado y el orden de montaje de cada muro, y como consecuencia la trayectoria que debe seguir la grúa; para el tipo de muro se le asignará una letra a cada uno siguiendo un orden alfabético y el tipo de muro dependerá del diseño arquitectónico y de las necesidades que harán más funcional al edificio.

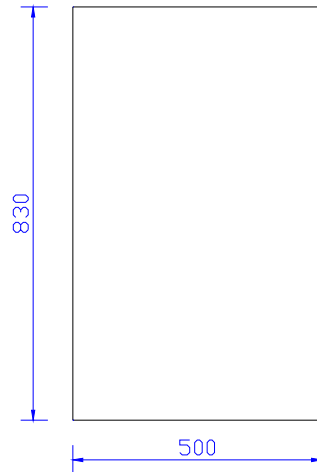
Este proyecto se dividido en 37 muros, de los cuales, 28 piezas forman lo que corresponde la nave y 9 piezas forman el edificio de oficinas. El orden de los muros inicia en la intersección de los ejes 1 – A, y a el muro localizado en esa posición se le asigna el numero 1, posteriormente siguiendo el sentido contrario de las manecillas del reloj se enumeraran los siguientes muros hasta cerrar en el muro localizado en el eje B (*ver figura 3.14*).

Para el tipo de muro se adoptaron 22 muros diferentes, esto como ya se menciona anteriormente se hace atendiendo los requerimientos del diseño arquitectónico, obteniéndose los resultados siguientes:



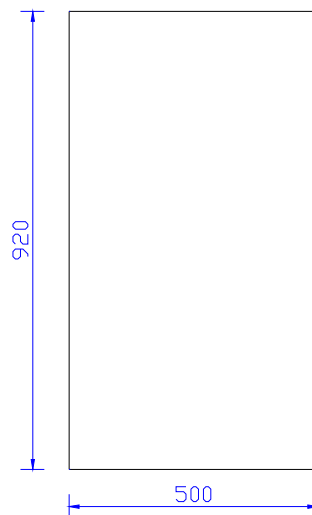
*Fig. 3.14 MODULACION DE LA PLANTA ARQUITECTONICA*

1. Muro de A1, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y una altura de 8.30 m(*ver ejemplo*).



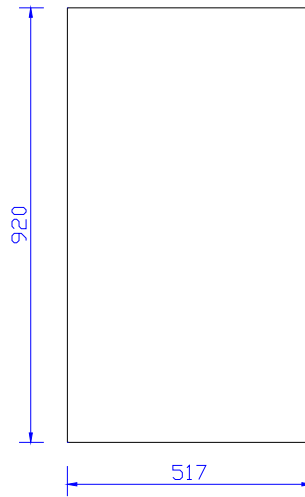
**MURO TIPO A1**

2. Muro A2, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y una altura de 9.20m(*ver ejemplo*).



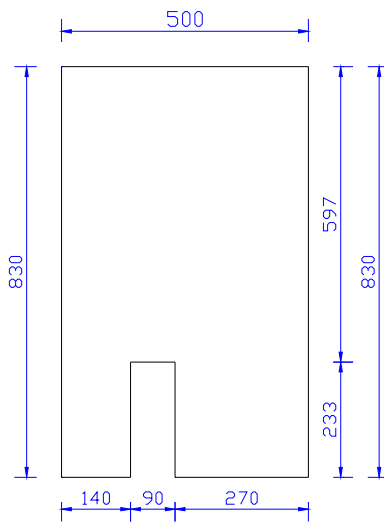
**MURO TIPO A2**

3. Muro A3, es un muro de tipo cerrado con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y 9.20m de altura. (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO A3**

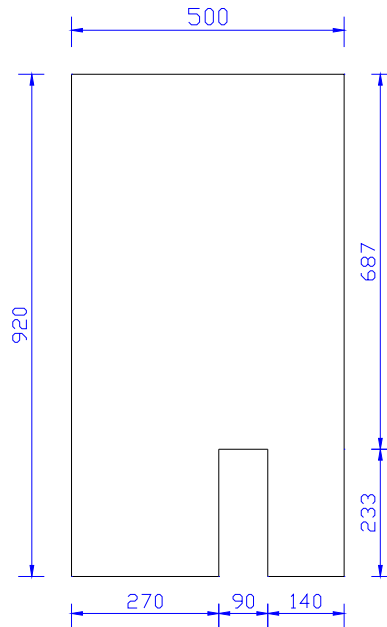
4. Muro B, es un muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y 8.30 m de altura. (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO B**

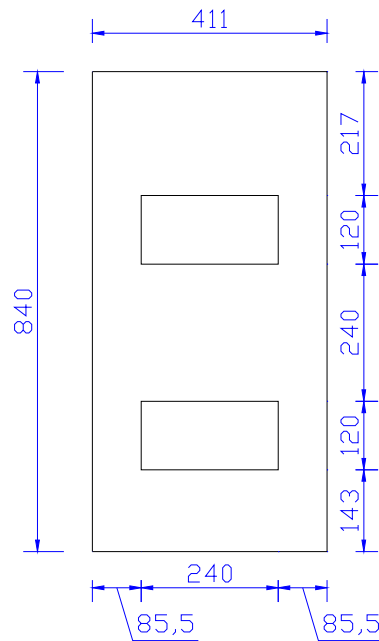


5. Muro B1, es un muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y 9.20 m de altura. (ver ejemplo).



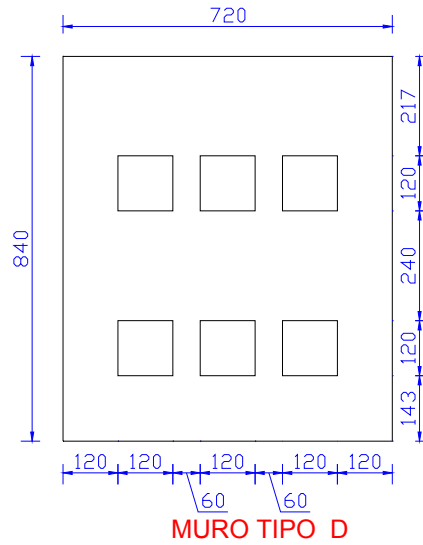
**MURO TIPO B1**

6. muro C, es un muro de tipo abierto con dos vanos para ventanas, el muro cuenta con un ancho de 4.11m y una altura de 8.40m(ver ejemplo).

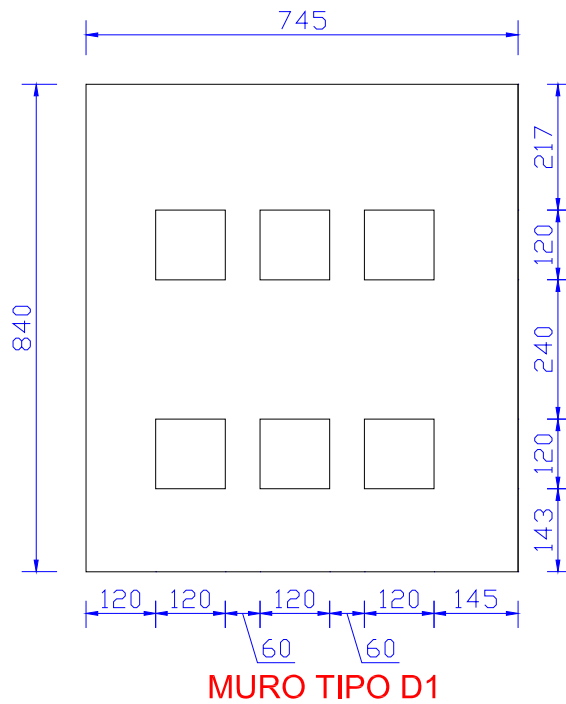


**MURO TIPO C**

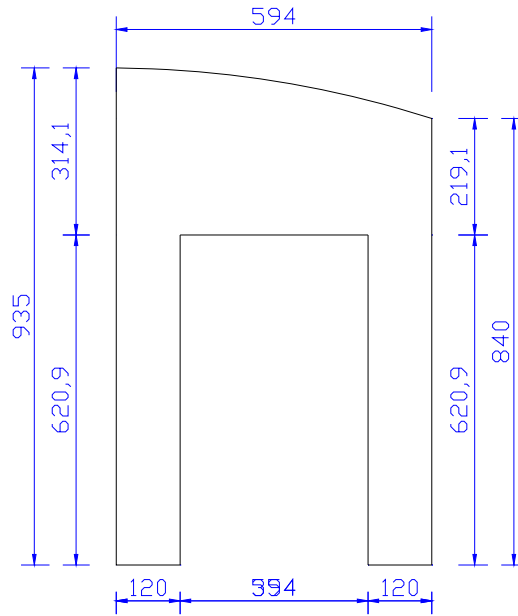
7. Muro D, es un muro de tipo abierto con seis vanos para ventanas, el muro cuenta con un ancho de 7.20m y una altura 8.40m(ver ejemplo).



8. Muro D1, es un muro de tipo abierto con seis vanos para ventanas, el muro cuenta con un ancho de 7.45m y una altura de 8.40m(ver ejemplo).

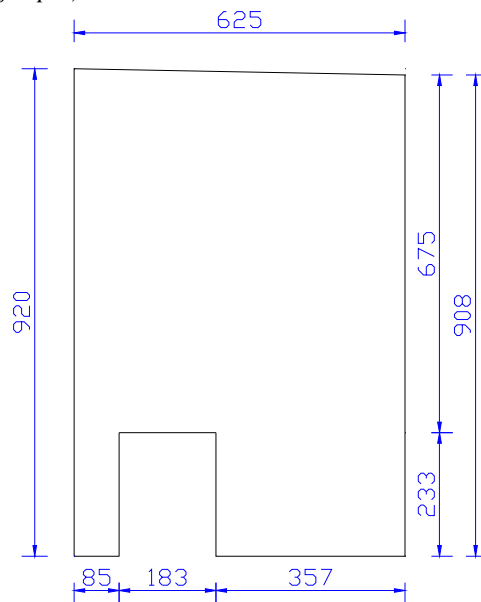


9. Muro E, es un muro de tipo abierto con su arista superior curva y vano para una puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.94m y una altura en uno de sus lados de 8.45m y en el otro de 9.35m(ver ejemplo).



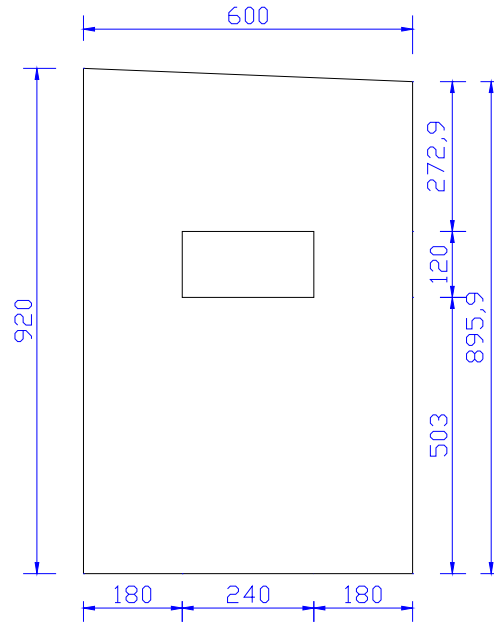
**MURO TIPO E**

10. Muro F, es un muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 6.25m y una altura en uno de sus lados de 9.20m y en el otro de 9.08m(ver ejemplo).



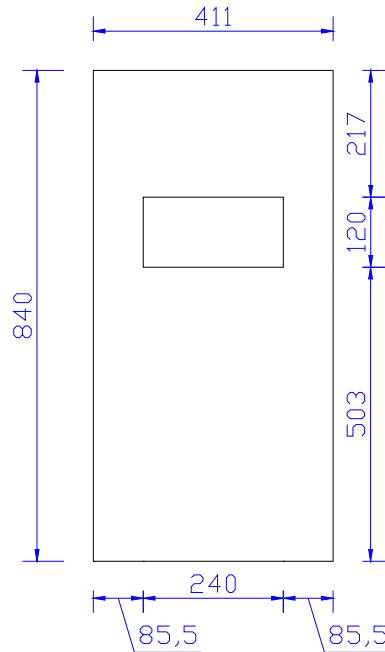
**MURO TIPO F**

11. Muro G, muro de tipo abierto con un vano para ventana, el muro cuenta con un ancho de 6.00m y una altura en uno de sus lados de 9.078m y en el otro de 8.959m(ver ejemplo).



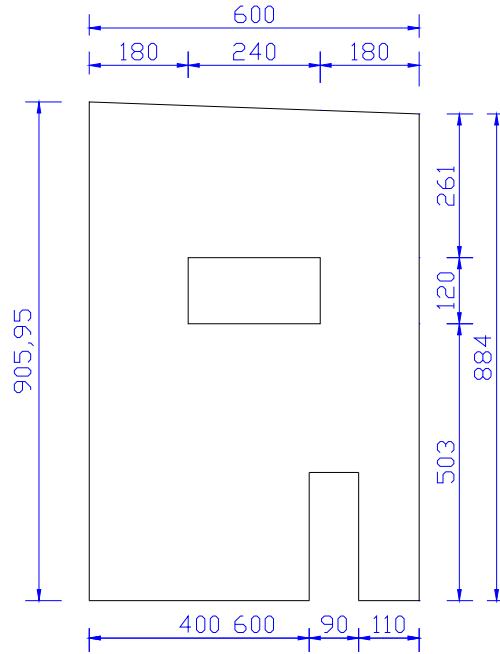
**MURO TIPO G**

12. Muro C1, es un muro de tipo abierto con un vano para ventana, el muro cuenta con un ancho de 4.11m y una altura de 8.40m(ver ejemplo).



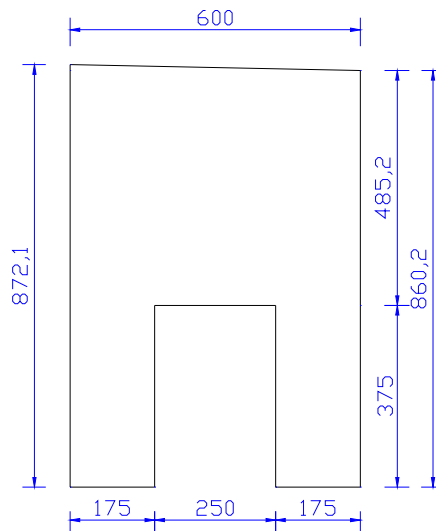
**MURO TIPO C1**

13. Muro tipo H, muro de tipo abierto con dos vanos uno para ventana y otro para puerta, el muro cuenta con un ancho de 6.00m y una altura en uno de sus lados de 8.59m y en el otro de 8.84m (*ver ejemplo*).



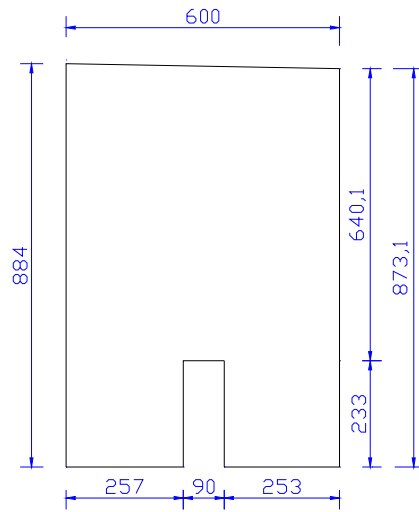
**MURO TIPO H**

14. Muro J, es muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 6.00m y una altura en uno de sus lados de 8.721m y en el otro de 8.602m (*ver ejemplo*).



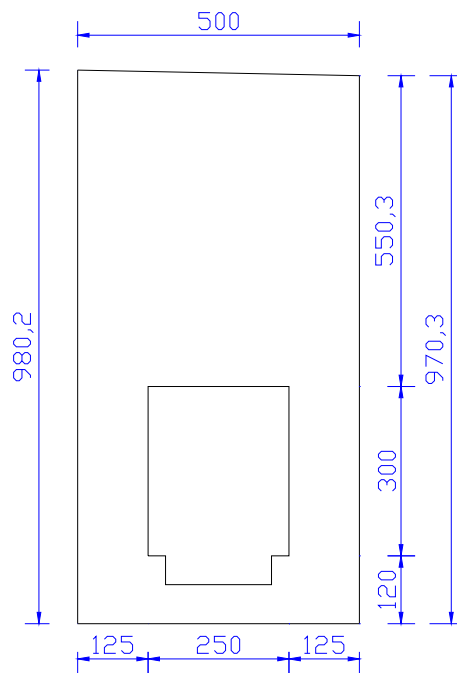
**MURO TIPO J**

15. Muro I, es muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 6.00m y una altura en uno de sus lados de 8.731m y en el otro de 8.84m(ver ejemplo).



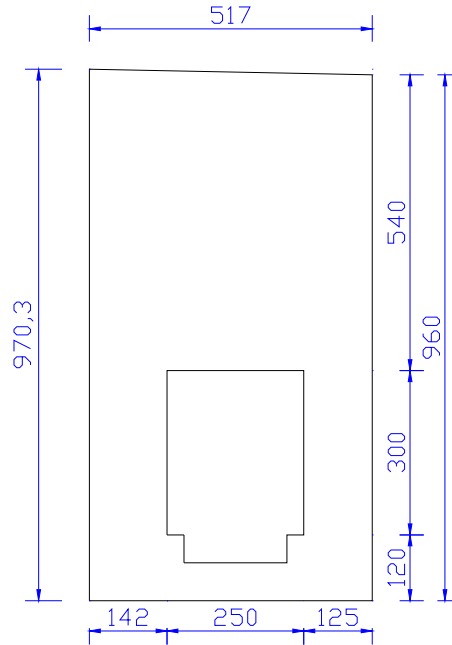
**MURO TIPO I**

16. Muro K, es un muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.00m y una altura en uno de sus lados de 9.802m y en otro de 9.703m(ver ejemplo).



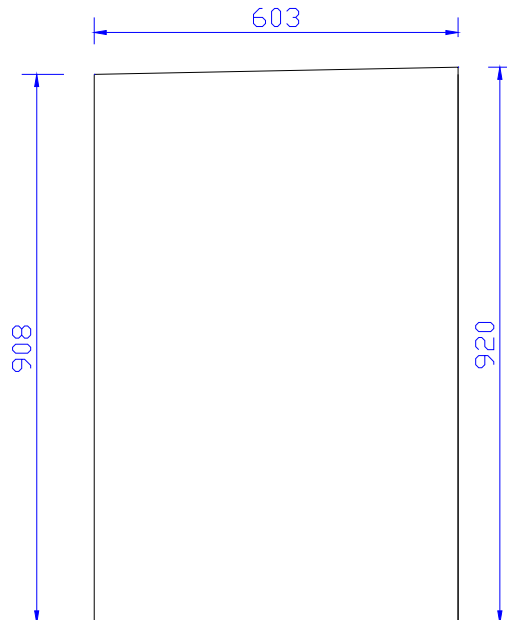
**MURO TIPO K**

17. Muro K1, es un muro de tipo abierto con un vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.17m y una altura en uno de sus lados de 9.703m y en el otro de 9.60m(*ver ejemplo*).



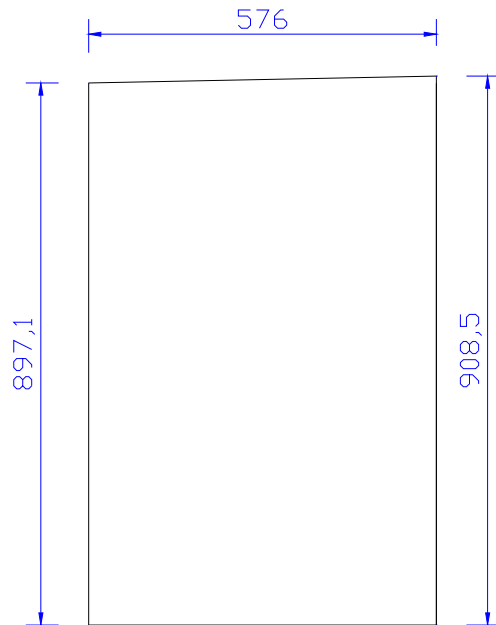
**MURO TIPO K1**

18. Muro L, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 6.03m y una altura en uno de sus lados de 9.08m y en el otro de 9.20m(*ver ejemplo*).



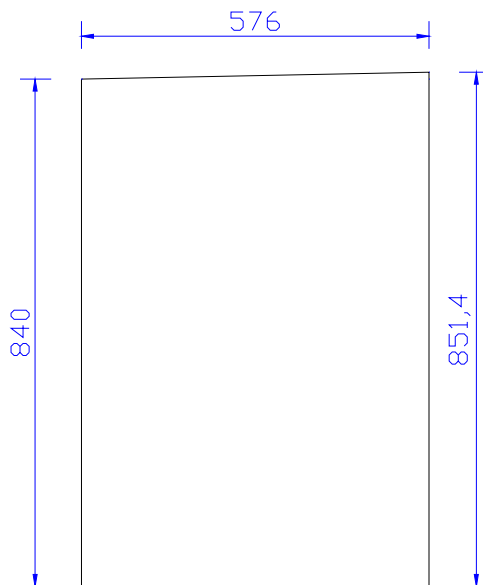
**MURO TIPO L**

19. Muro M, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 5.76m y una altura en uno de sus lados de 8.971m y en el otro de 9.085m (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO M**

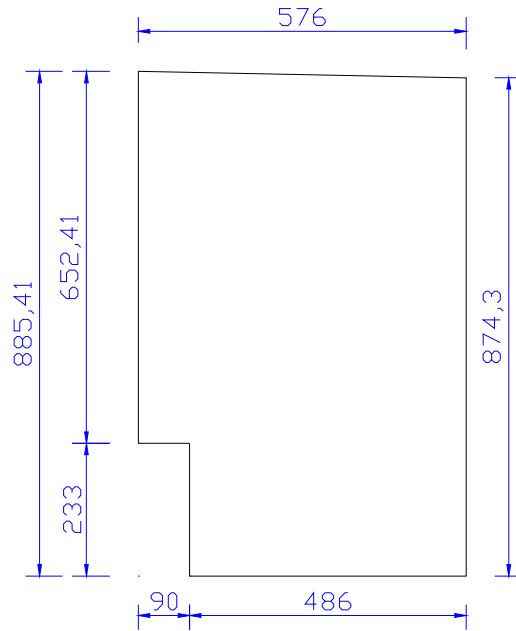
20. Muro N, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 5.76m y una altura en uno de sus lados de 8.40m y en el otro de 8.514m (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO N**

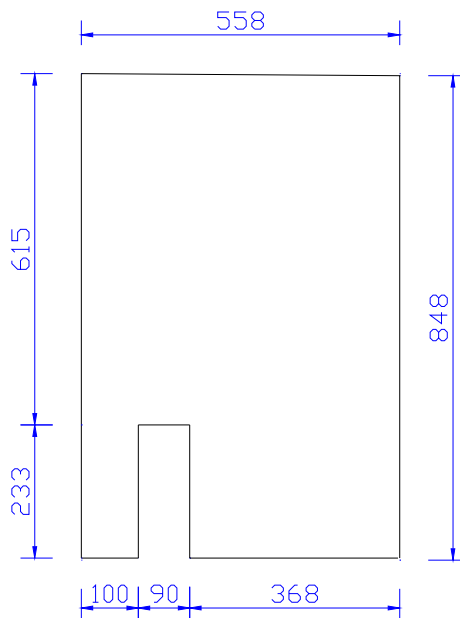


21. Muro O, es un muro de tipo abierto con la mitad de vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 5.76m y una altura en uno de sus lados de 8.743m y en el otro de 8.857m(*ver ejemplo*).



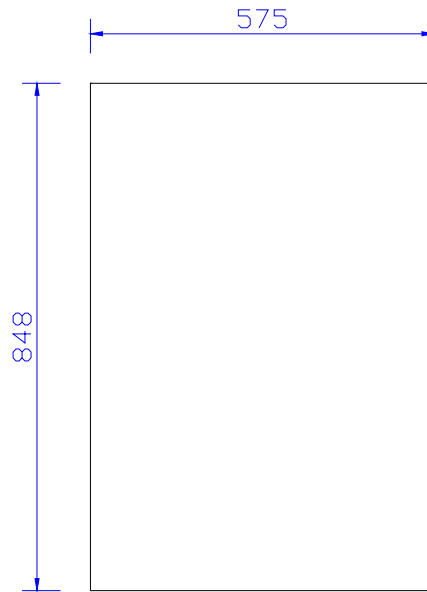
**MURO TIPO O**

22. Muro P, es un muro de tipo abierto, el muro cuenta con un ancho de 5.58m y una altura en uno de sus lados de 8.48m(*ver ejemplo*).



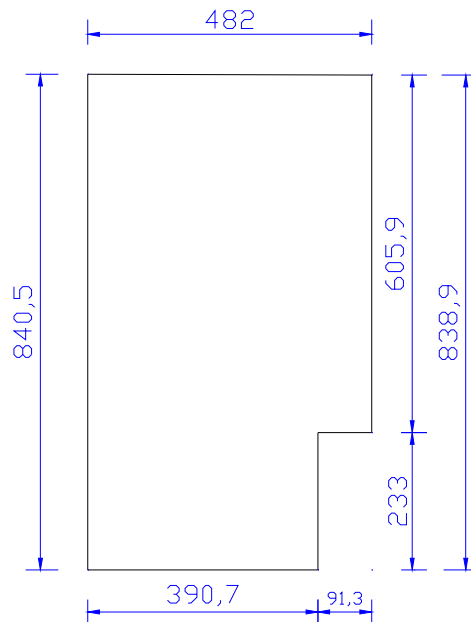
**MURO TIPO P**

23. Muro Q, es un muro de tipo cerrado, el muro cuenta con un ancho de 5.75m y una altura en uno de sus lados de 8.48m(*ver ejemplo*).



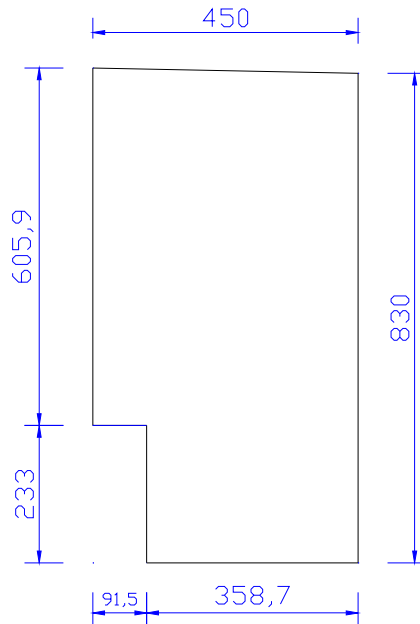
**MURO TIPO Q**

24. Muro R, es un muro de tipo abierto, con la mitad de vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 4.82m y una altura en uno de sus lados de 8.405m y en el otro de 8.389m (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO R**

25. Muro R1, es un muro de tipo abierto, con la mitad de vano para puerta, el muro cuenta con un ancho de 4.50m y una altura en uno de sus lados de 8.30m y en el otro de 8.389m (*ver ejemplo*).



**MURO TIPO R1**

- Estructuración :

Una vez definido el concepto de la modulación, se realiza la estructuración del edificio, la cual consiste en lo siguiente:

Primero se define la ubicación de los elementos verticales, como lo son: las columnas y los muros de carga, cada columna y cada muro funcionará estructuralmente bajando la carga que trasmite la estructura y la techumbre, cabe mencionar que el arreglo estructural de muros y columnas dependerá también de la posible ampliación de la nave, en el caso del proyecto "SIGMA-ALDRICH" se pretende hacer una ampliación en dirección de los ejes "A" y "4", dicha ampliación consistirá en construir un espacio totalmente simétrico al ya existente, en dirección del eje "4" quedando una nave a dos aguas; lo mismo ocurriría en dirección del eje "A", por esta razón se colocan columnas perimetrales sobre los ejes "A - 4" y al centro de la nave en la intersección "B - 3" (*ver Fig. 3.15*). Si por lo contrario, no se quisiera crecer la nave se eliminarían las columnas perimetrales y la estructura se apoyaría en los muros y solamente se colocaría la columna del centro.

En lo que corresponde a la estructuración de los muros, estos se dividen en dos tipos los que reciben la carga de las armaduras más la carga de la techumbre, que llamaremos muros primarios, y los que solamente reciben la carga de la techumbre, que llamaremos muros secundarios (*ver Fig. 3.15*).

Cuando ya se ha definido la colocación de los elementos estructurales verticales, se procede a definir el tipo y la posición de los elementos estructurales horizontales; en este caso se tienen

claros de 12.50m y 20.25m, por esta razón, el tipo de estructura que se propone es el compuesto a base de armaduras, las armaduras son básicamente de dos tipos: principales y secundarias. Los términos corresponden al arreglo que toman estas, las armaduras secundarias reciben el peso de la techumbre y pasan la carga a las armaduras principales y a los muros tilt – up transversales a ellas , mientras las armaduras principales ( A – P ) van en sentido perpendicular a las secundarias y bajan sus cargas a las columnas y a los muros que van paralelos a las armaduras secundarias ( A – S ) ; con base a lo dicho anteriormente las armaduras principales cubren el claro más largo que es el de 20.25 m y las armaduras secundarias cubren el claro más corto que es el de 12.50m,a cada 2.083m a lo largo de la armadura principal; las armaduras secundarias se conectaran una a otra a base de contraventeos que servirán para rigidizarlas (*ver anexo plano EM – 01 Planta estructural*).

### 3.6.3 Análisis y Diseño de la Estructura.

Cada muro funciona estructuralmente bajando la carga que trasmite la estructura y techumbre; De acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en la tabla de cargas unitarias para cubiertas y azoteas con pendiente no mayor al 5% , se debe considerar una carga viva de 100 Kg / m<sup>2</sup> . Por otro lado la carga muerta que se ha calculado para este tipo de sistema considerando la estructura, lámparas, instalaciones y acabados es de 40 Kg/ m<sup>2</sup>. Con lo anterior se hace una distribución de las de las cargas de acuerdo al área tributaria de cada muro; la carga se determina en toneladas por cada metro lineal.

Hay tres cargas que reciben los muros: La carga que aporta el elemento principal de la estructural y la carga que aporta el elemento secundario, los muros que no reciben a ninguno de estos dos elementos se les asigna un área tributaria de 1 metro de ancho debido a que cargan directamente parte de la techumbre correspondiéndole un área tributaria de la mitad del claro entre el muro y la primera armadura, la otra mitad corresponde a la armadura (*ver ejemplo*).

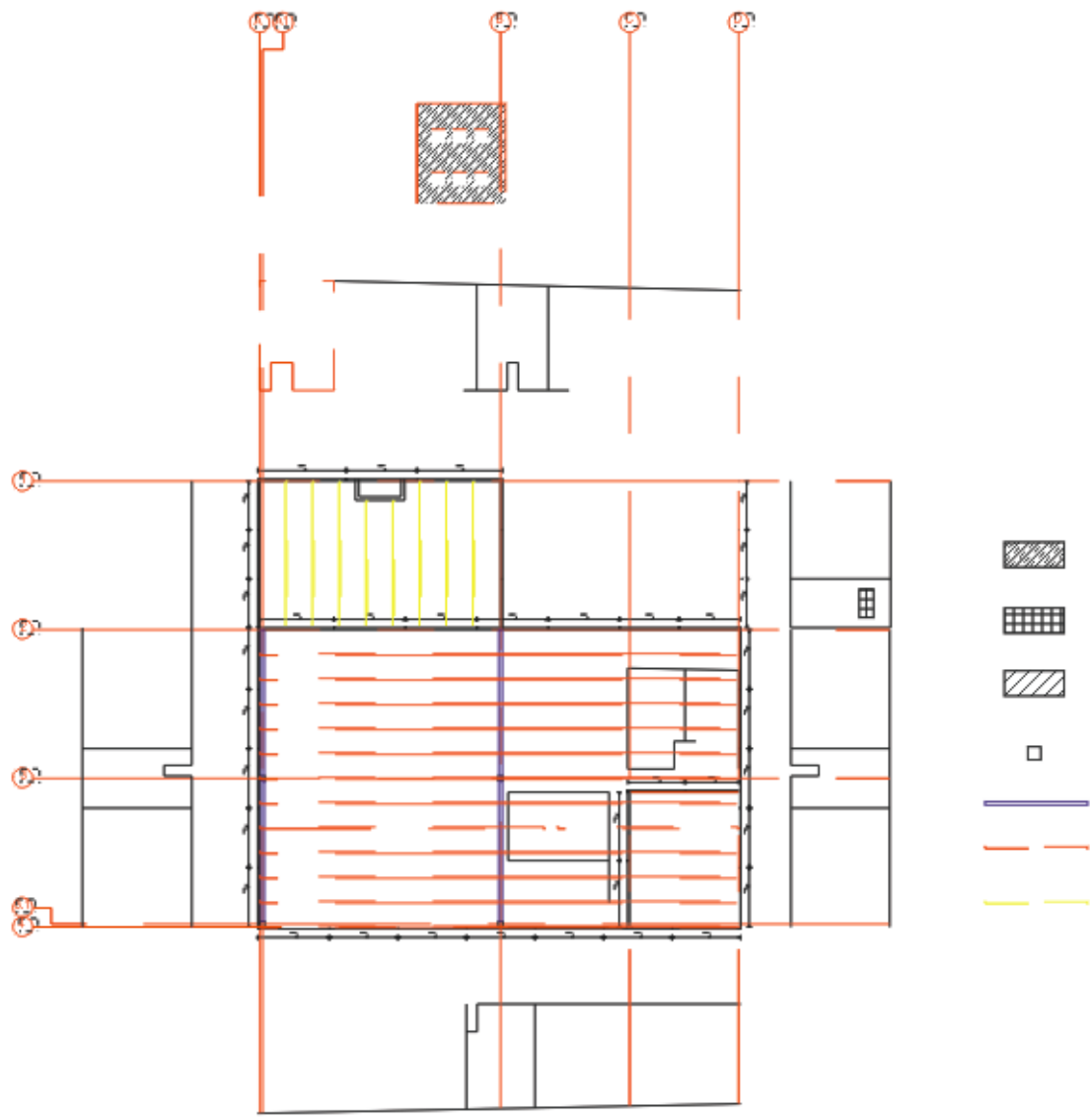
- Análisis de cargas:

1. Lamina	20 kg/m <sup>2</sup>
2. Impermeabilizante	5 kg/m <sup>2</sup>
3. instalaciones	5 kg/m <sup>2</sup>
4. Carga viva	100 kg/m <sup>2</sup>
5. Contraventeos	1.9 kg/m <sup>2</sup>
6. Armaduras secundarias	8.0 kg/m <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>139.9 kg/cm<sup>2</sup></b>
7. Armaduras principales	1.7 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>141.6 k/m<sup>2</sup></b>

Se hicieron las siguientes combinaciones de carga:

- ( CM +CV) 1. 0
- (CM+CV +Viento) 0.75
- (CM+CV+Sismo) 0.75

El diseño de los muros, columnas y armaduras se obtienen mediante programas de diseño por computadora. Los muros se diseñan con un programa que realizó la empresa poseedora de la patente (CONS/STEEL). Este programa calcula el diseño de muros a flexocompresión y de él se obtiene el acero de refuerzo que requiere cada muro para soportar las cargas a las que será sometido, el programa también considera en el diseño el refuerzo necesario para la maniobra de



*Fig. 3.15 ESTRUCTURACION DE LA PLANTA ARQUITECTONICA*

101

izaje, ya que se presentan elementos mecánicos en el muro que sólo lo afectarán desde el momento en el que es levantado del piso hasta que es colocado en su posición vertical.

Del cálculo que se realiza con el programa antes mencionado surgen algunos detalles que vale la pena mencionar:

- Se deben introducir al programa las aberturas para ventanas o puertas en cada panel.
- La posición de los insertos se denomina de acuerdo al centro de gravedad.
- La posición de los insertos en acorde con las dimensiones de los paneles es analizada por el programa para determinar las cargas a las que serán sometidos los insertos.
- Los momentos y esfuerzos que se presentan en los paneles están en constante cambio y son revisados a medida que el panel rota de su posición horizontal a vertical.
- El esfuerzo crítico durante el levantamiento generalmente ocurre en la posición horizontal desde que se le empieza a aplicar la fuerza de tensión para el levantamiento.

Sin embargo no son las únicas consideraciones que deben tenerse presentes, también hay que tomar en cuenta algunos factores o características que influyen en el diseño estructural, tales como:

- Altura libre.
- Claros (muros – columnas, columnas – columnas).
- Modulación de muros.
- Capacidad de carga de la grúa.
- Cargas de techo.

Las siguientes líneas son una muy breve descripción de la intervención de estos factores :

- Por lo general en el requerimiento de un edificio industrial o almacén se establece la altura libre deseada, sin embargo esta no es la altura total del muro, ya que la estructura queda comprendida dentro de la altura total, lo que hace que la altura libre sea menor, por lo tanto la altura total del muro es la altura libre más el incremento dado por la estructura.
- Los claros también son muy importantes dentro del cálculo, porque las dimensiones de estos intervienen directamente en la repartición tributaria de las áreas para la bajada de las cargas, mismas que quedarán delimitadas por la modulación de los muros, es decir, para la bajada de cargas se toman en cuenta los muros por separado.
- En cuanto a las cargas que transmite la estructura y la techumbre se considera como carga muerta al peso de la estructura, la techumbre, instalaciones, lámparas y acabados teniendo como resultado  $40 \text{ Kg/m}^2$ , mientras que como la carga viva se considera de  $100 \text{ kg/m}^2$ .

De acuerdo a los datos obtenidos y mencionados anteriormente se da inicio al cálculo de los elementos estructurales, capturando todos estos datos en los programas de diseño antes mencionados, los cuales contienen una extensa variedad de recursos para el diseño de miembros estructurales, como componentes individuales dentro de una estructura. Los recursos con los que cuenta para el diseño de miembros, proporciona la capacidad de llevar a cabo un gran número de

operaciones de diseño. Estas operaciones se pueden usar selectivamente, de acuerdo con los requerimientos del problema de diseño. Las operaciones para realizar un diseño son:

- a. Especificar los miembros y los casos de carga que serán considerados en el diseño.
- b. Especificar si se ejecutará el chequeo de códigos o la selección de miembros.
- c. Especificar los valores de los parámetros de diseño, cuando estos sean diferentes de los valores asignados por omisión.

Estas operaciones podrán repetirse tantas veces como sea necesario, dependiendo de los requerimientos propios de diseño.

Una vez diseñados todos los elementos estructurales, se tiene un proyecto ejecutable, y se procede a dibujar los planos estructurales que deben de ser lo suficientemente claros en las plantas, elevaciones y detalles para que los entienda toda la gente que esta involucrada en la construcción de la obra, desde el ingeniero más experimentado hasta la gente auxiliar de obra. (*ejemplo*)

Los planos estructurales en plantas y elevaciones deben de guardar siempre una escala de dibujo, en los detalles estructurales no es necesaria la escala, pero deben de estar bien acotados los espesores de las placas y separaciones de tornillos o elementos de uniones de que trate el detalle. Para los dibujos o bosquejos de anteproyecto no es necesaria la escala, solo indicar cotas de claros y alturas. Las cotas rigen al dibujo y siempre se deben verificar con los planos arquitectónicos. En la actualidad se pueden sobreponer los planos estructurales sobre los arquitectónicos para verificar la geometría y paños de construcción gracias a las herramientas electrónicas como en este caso lo es el programa de Autocad.

### **3.6.4 Cuantificación y presupuesto.**

La cuantificación es el procedimiento por el cual se calculan las cantidades de obra de los diferentes conceptos que se utilizarán tanto para la realización del presupuesto como para el control de la obra. Esta cuantificación esta basada principalmente en un catálogo de conceptos y en los formatos de números generadores.

Cualquier obra, por compleja que ésta sea, se puede clasificar en cinco partes fundamentales, las cuales a su vez se dividen dependiendo de su procedimiento constructivo. Estas clasificaciones dan los parámetros para la realización de un catálogo de conceptos, las cuales están influidas por el tipo de material requerido y /o por la mano de obra.

La clasificación puede ser la siguiente:

- A. Obra civil.- Es aquella que permite realizar los siguientes trabajos:
  - Cimentación.- Está dividida en cimentaciones superficiales, compensadas y profundas.
  - Estructuras.- Las cuales pueden ser de mampostería, concreto, madera, acero, preforzadas.
  - Albañilería.- Consiste en la realización de los trabajos necesarios para la construcción de cualquier edificación.
  - Infraestructura: Se refiere a la realización de tuberías de agua potable y drenaje con materiales tan diversos como el fierro fundido (FoFo), asbestos, cemento o acero.
  - Acabados.- Los cuales pueden ser pintura, pisos, enladrillado, chaflán, etc.
  - Carpintería.
  - Herrería, cancelaría y cristalera.

- Obras exteriores.- Con estas obras se garantiza el buen funcionamiento del proyecto que se realizó; éstas pueden ser platas de tratamiento, tanques de almacenamiento, canales derivadores de agua etc.
- B. Obra mecánica.- Esta formada por:
- Tubería.- La forman las instalaciones para conducir diversos fluidos como agua, aceites ácidos, solventes, gas etc. Los materiales de las tuberías pueden ser de acero al carbón, acero inoxidable, acero galvanizado, aluminio etc.
  - Pailería.- A este término se conoce, en la industria de la construcción, como los trabajos realizados principalmente en perfiles metálicos laminados redondos o en piezas especiales, ya sea para el habilitado de estructuras, tuberías, recipientes u otros que requieran las necesidades propias del trabajo.
  - Montajes, maniobras y erecciones.- Todo montaje implica maniobras que se ejecutan sobre elementos que tienen definida su posición exacta. Por la complejidad de las disposiciones constructivas de los diferentes niveles, las posiciones de los montajes serán más interesantes y por su misma complejidad, se pudieran adaptar a cualquier sistema de montaje de piezas en cualquier otra estructura. La erección del acero se lleva a cabo con equipo humano cuyas funciones deben estar separadas y bien definidas.
- C. Obra eléctrica.- Considera todos los elementos de fuerza (energía de alta tensión), alumbrado (energía baja tensión), equipo eléctrico y sistemas de transformación de corriente e instalación de comunicaciones.
- En la transmisión y distribución es indispensable el uso de las subestaciones eléctricas, ya que una de sus funciones es la de cambiar las características de transmisión de la energía eléctrica.
- D. Obra de instrumentación.- Completa la instalación de todos los elementos de medición de procesos industriales por medio de la calibración (mecánica, neumática y electrónica), por centros de cómputo (tableros) y elementos hidroneumáticos.
- E. Instalaciones Especiales.- Estas dependen de la obra, por ejemplo, si se trata de un hospital se requieren instalaciones de suministro de oxígeno, otras pueden ser aire acondicionado, elevadores, etc.

Todas estas clasificaciones sirven para facilitar la realización de un catálogo de conceptos y del desarrollo de cualquier tipo de edificación.

Como ya se ha mencionado, el catálogo de conceptos es la base para realizar una cuantificación de obra y, por consiguiente, del presupuesto así como para tener un buen control de la obra. Un catálogo general de conceptos es una guía con la que se debe contar como principal herramienta de clasificación con el propósito de no tener omisiones importantes en la elaboración del presupuesto. El catálogo está formado por una serie de conceptos de obra que en su conjunto forman el total de la obra.

Un concepto de obra: es un conjunto de actividades a realizarse, por ejemplo un MURO TILT- UP para la realización de un muro es necesario hacer varias actividades:

- CONCEPTO: **Muro Tilt – up.**
- ACTIVIDADES: Trazo.  
Habilitado y colocación de cimbra perimetral.  
Habilitado y colocación de acero de refuerzo.  
Suministro y colocación de insertos.  
Vaciado de concreto.  
Pulido de superficie expuesta del muro  
Curado de muro.  
Colocación de puntales.  
Montaje de muro.



Para tener un manejo más sencillo, el catálogo de conceptos puede estar dividido en varios capítulos dependiendo del tipo de obra a realizar y deberá incluir todo el concepto de obra correspondiente, esta división estará influenciada por el tipo de mano de obra que se utilizará, así como del método constructivo (materiales y equipo).

El catálogo también incluirá la unidad de medida de cada concepto de obra. Para asignar a un concepto la unidad correspondiente de peso, volumen, área o longitud, se tomará en cuenta la unidad del integrante dominante, así como la forma más fácil de realizar la medición. Por ejemplo, la unidad para cuantificar el concreto debería ser la tonelada ya que su principal integrante es el cemento y este se compra en toneladas pero, para facilitar el control en la obra, es más conveniente el uso del metro cúbico.

### **Integración del catalogo de conceptos para el proyecto Sigma- Aldrich:**

CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE
--------	----------	--------	----------	-----	---------

#### **PARTIDA I: PRELIMINARES.**

1.01 PREL	Licencias de Obras Públicas.	lic.			
1.02 PREL	Estudio mecánica de suelos.	estudio			
1.03 PREL	Estudio topográfico.	estudio			
1.04 PREL	Conexión acometida eléctrica.	salida			
1.05 PREL	Conexión acometida agua.	salida			
1.06 PREL	Conexión acometida drenaje.	salida			
1.07 PREL	Casetas.	m <sup>2</sup>			
1.08 PREL	Cerca de malla ciclónica.	m			
1.09 PREL	Almacenes.	m <sup>2</sup>			

#### **PARTIDA II : TERRACERIAS.**

2.01 AOP	Trazo y nivelación	m <sup>2</sup>			
2.02 AOP	Despalme de terreno.	m <sup>2</sup>			
2.03 AOP	Excavación.	m <sup>3</sup>			
2.04 AOP	Compactación de terreno natural.	m <sup>2</sup>			
2.05 AOP	Relleno y compactación.	m <sup>3</sup>			
2.06 AOP	Carga y acarreo tiro 3km.	m <sup>3</sup>			

PARTIDA II : CIMENTACIÓN.

3.01 AOP	Excavación.	m <sup>3</sup>			
3.02 AOP	Afine de fondo de excavación.	m <sup>2</sup>			
3.03 AOP	Plantilla de 5cm.	m <sup>2</sup>			
3.04 AOP	Acero de refuerzo del #4.	kg			
3.05 AOP	Placa de conexión cimiento - muro.	pza			
3.06 AOP	Angulo de conexión cimiento -muro.	pza			
3.07 ESM	Anclas de Ø=19mm.	pza			
3.08 C	Concreto premez. f 'c = 200kg/cm <sup>2</sup> .	m <sup>3</sup>			
3.09 C	Mortero suelo – cemento.	m <sup>3</sup>			
3.10 AOP	Carga y acarreo.	m <sup>3</sup>			

PARTIDA IV : PISOS.

4.01 ALB	Piso de 15 cm.	m <sup>2</sup>			
4.02 ALB	Piso de 20cm.	m <sup>2</sup>			
4.03 EST	Cimbra de madera de 15cm.	m			
4.04 EST	Cimbra de madera de 20cm.	m			
4.05 ALB	Junta de contracción.	m			
4.06 ALB	Junta de construcción.	m			
4.07 ALB	Junta de expansión.	m			
4.08 ALB	Curado piso.	m <sup>2</sup>			
4.09 ALB	Endurecedor de piso.	m <sup>2</sup>			

PARTIDA V: MUROS TILT – UP.

5.01 AOP	Trazo y nivelación.	m <sup>2</sup>			
5.02 AOP	Cimbra de madera de 17cm.	m			
5.03 AOP	Desmoldante.	m <sup>2</sup>			
5.04 AOP	Acabado moldurado.	m			
5.05 EST	Acero de refuerzo.	kg			
5.06 EST	Angulo de conexión cimiento -muro.	pza			
5.07 EST	Concreto premezclado.	m <sup>2</sup>			
5.08 C	Placa de 15x15x6mm muro-cimiento.	pza			
5.09 ESM	Placa de apoyo 250x100x3/8".	pza			
5.10 ESM	Placa de apoyo 350x100x3/8".	pza			
5.11 AP	Acabado pulido integral.	m <sup>2</sup>			
5.12 PP	Sello de unión de muros.	m			

5.13 PP	Cimbra poliest. 20x2512.5cm.	pza			
5.14 AP	Cimbra poliest. 30x2512.5cm.	pza			
5.15 AP	Montaje de muros.	pza			
5.16 PP	Columna prefabricada.	pza			
5.17 PP	Montaje de columna.	pza			
5.18 C	Grout en muros.	m			
5.19 API	Pintura vinílica.	m <sup>2</sup>			

PARTIDA VI: ESTRUCTURA METALICA.

6.01 ESM	Armadura tipo 1.	kg			
6.02 ESM	Armadura tipo 2.	kg			
6.03 ESM	Contraventeo de armaduras.	kg			
6.04 ESM	Angulo perimetral.	kg			
6.05 EST	Angulo de esquina.	pza			
6.06 ESM	Pintura esmalte.	kg			

PARTIDA VII: CUBIERTA.

7.01 LYT	Lámina Deck 15 Cal. 22.	m <sup>2</sup>			
7.02 LYT	Lámina SSR-KR 18 cal. 26.	m <sup>2</sup>			
7.03 LYT	Closure.	m			
7.04 LYT	Tapajuntas pinto 60d cal. 22.	m			
7.05 LYT	Tapajuntas pinto 45d cal.22.	m			
7.06 LYT	Lámina Deck 15 Cal. 22.	m <sup>2</sup>			
7.07 LYT	Canalón.	m			
7.08 LYT	Cumbrera.	m			

PARTIDA IX: OFICINAS.

9.01 AM	Muros de block y aplanados.	m <sup>2</sup>			
9.02 AP	Pisos.	m <sup>2</sup>			
9.03 AM	Lambrin de azulejo.	m <sup>2</sup>			
9.04 AM	Muro de tablaroca.	m <sup>2</sup>			
9.05 ALU	Puertas y ventanas	pza			
9.06 AM	Texturizado	m <sup>2</sup>			
9.07 ESM	Losacero.	m <sup>2</sup>			

PARTIDA X: OBRAS EXTERIORES.

10.01 AM	Cisterna.	pza			
10.02 AP	Casa de bombas.	pza			
10.03 AM	Caseta de vigilancia.	pza			
10.04 AM	Estacionamiento.	m <sup>2</sup>			
10.05 ALU	Andenes y patio de maniobras.	m <sup>2</sup>			
10.06 AM	Pavimentos.	m <sup>2</sup>			
10.07APA	Banquetas.	m			
1.08 JAR	Jardines.	m <sup>2</sup>			

PARTIDA XI: HERRERIA.

10.01 HYP	Puertas de emergencia.	pza			
10.02 HYP	Cortinas metálicas.	pza			
10.03 HYP	Rampas niveladoras.	pza			
10.04 AM	Canceles.	pza			
10.05 ALU	Escaleras.	pza			

Una vez que se tiene el catalogo de conceptos, puede procederse a la realización de la cuantificación de cada concepto, apoyándose en lo que se conoce como "números generadores".

Los números generadores son de gran utilidad en la realización de la cuantificación. En estos formatos se van vaciando los datos de las mediciones hechas en los planos. Cabe mencionar que el tener unos números generadores bien hechos desde el principio, facilitará la cubicación de otros conceptos de obra ya que por lo general, los primeros números generadores servirán como base para no volver a realizar las cuantificaciones de otros conceptos. Por ejemplo, se realiza la cubicación total de muros, y cuando, en los acabados, se quiere cuantificar los muros a pintarse solo se tiene que ver la cuantificación base del total de los muros, e identificarlos en ella. De esta forma no se tiene que repetir la medición en los planos de los muros a pintar. Es de suma importancia la claridad de los números generadores en la realización de estimaciones, de pedidos de material y para conocer los conceptos de obra que serán realizados por destajos. A continuación se presentan algunos formatos generales de números generadores.







Donde:

Nivel.- Se indicará el nivel de entresuelo del edificio a cuantificar o la zona cuando se trate de una sola planta.

Ubicación.- Se pondrán los ejes donde se localice el elemento cuantificado. Cuando se trate de un elemento de una conexión típica se indicará el número de conexión o referencia especificada en planos de proyecto, así como la referencia o número de plano.

Cantidad.- Se contabilizarán los elementos que tengan las mismas características tanto en dimensiones como en calibre o pesos ubicados dentro del nivel especificado.

Marca.- Se pondrá una marca provisional tanto en el plano o croquis con que se este trabajando y en la tabla de cuantificación para identificar las la pieza.

Perfil.- Se indicará la sección del perfil que señala la estructuración de la parte a cuantificar, ya sea perfil laminado (Secciones IPR, Canales CPS, Ángulos, Redondos sólidos, Tubos, Perfil HSS o PTR, Monton), placa, tornillos de conexión, taquetes, etc. Siempre se señalará el grado de acero con el que se esté trabajando en el proyecto. La soldadura no se cuantifica en este momento, solo se maneja un porcentaje de acuerdo a la sección 9 del código de prácticas generales del IMCA.

Tipo.- Se especificarán las características del material indicando el peralte y calibre o peso por metro lineal.

Ancho.- En el caso de la cuantificación de placas que intervienen en el proyecto se indica la longitud de su ancho, en el caso de perfiles laminados solo se indica la unidad.

Longitud.- Se indica la longitud efectiva de la caña del perfil o la longitud más grande de los lados de una placa. Para fines de pedidos de materiales es preferible señalar el ancho y la longitud en milímetros.

Peso/m.- Se pondrá el peso nominal por metro lineal o metro cuadrado del perfil laminado o de placa de acero de acuerdo al manual que rija en la zona donde se construirá o se llevará acabo el proyecto, en México del Manual de Construcción en Acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A.C. es donde se obtienen los pesos de los perfiles laminados, además de las dimensiones también contiene las propiedades estructurales.

Peso /Unit.- Se obtiene de multiplicar el largo del perfil por el peso /m o el área por el peso por metro cuadrado.

Peso /Total.- Se obtiene de multiplicar el peso /unit. Por la cantidad cuantificada.

Una de las partes más importantes del presupuesto además de las cantidades de obra generadas en sus unidades correspondientes, es el precio unitario de las mismas.

El precio unitario es el precio final (de venta) de cada concepto por unidad de obra terminada y por su unidad de medida. El precio unitario esta formado por:

- Costo directo: Materiales, mano de obra, equipo y herramienta.
- Costo indirecto: Administración central, de campo, fianzas y financiamiento, impuestos e imprevistos.
- Utilidad.
- Cargos adicionales.

Los precios unitarios para una obra tilt- up se dan de forma particular para cada concepto y se calcularan utilizando el programa de precios unitarios "Neodata". Los precios unitarios deberán estar calculados según los salarios actuales oficiales de mano de obra, si estos variaran el precio de deberá modificar. Cualquier modificación a los precios vigentes de los materiales modificara la cotización, según precio oficial de los materiales, éste se podrá congelar una vez firmado lo estipulado en el contrato. A continuación se dan algunos ejemplos de precios unitarios calculados para este proyecto:



### Matriz de Precios Unitarios.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
Materiales:					
suma					
Mano de Obra:					
suma					
Equipo y Herramienta:					
suma					
Costo Directo					
28% Indirectos + Utilidad					
Precio Unitario					

Una vez que se tiene lo anterior se procede a elaborar el presupuesto del proyecto estudiado, determinado principalmente por lo siguiente:

1. Diversidad de los materiales.- En el resumen de los materiales nos podemos dar cuenta de los volúmenes de cada tipo, ya que si tenemos una gran variedad de materiales, el resumen de los mismos nos facilitara más la logística de pedidos y entregas de los mismos.
2. Ubicación de la obra.- Es importante saber donde se va a realizar la obra, ya que se deberá seleccionar la gente que va ha participar en la obra, y determinar así el costo de los viáticos, transporte, grúas e insumos.
3. Complicaciones de la obra.- Se debe visualizar la complejidad de la obra, como es la irregularidad del terreno y la geometría de la construcción.
4. Conexiones.- Es muy importante este punto, ya que depende mucho dar un precio unitario por una obra con conexiones atornilladas que una con uniones soldadas especificadas en planos estructurales. La primera opción es un poco más cara en cuestión del costo de los tornillos, pero es mucho más económica en los costos de montaje, una soldadura en campo cuesta ocho veces más que hacerla en taller, además es mucho mas rápido montar un elemento atornillado que soldado, además que soldar en campo requiere otros costos extras como laboratorio de control e inspección de soldaduras que encarece el costo de montajes.
5. Acabados en al nave.- depende del tipo de acabados que tenga la nave determinara en gran parte el costo, pues muchas de loas veces los clientes pide acabados especiales en los muros, por ejemplo un acabado rugoso que necesita tener un tratamiento especial, esto resulta más tardado y costoso que un acabado aparenté natural.
6. Formas de pago y financiamiento.- Se deben contemplar las formas de pago, pues depende del flujo económico el costo unitario, pues mínimo se deberá contar con

un anticipo para la compra de la materia prima, si no se maneja anticipo se deberá prever gastos de financiamiento de la obra, si es que esta con probabilidades de hacerlo.

En el presupuesto debe indicarse una referencia, esto es un numero consecutivo de presupuesto o alguna sigla que determine o tenga un orden para archivar y tener un pleno control de esté.

Se escribe al inicio la fecha de emisión del presupuesto, la razón social de la empresa o persona a quien se le dirige, si es posible indicar la dirección del cliente.

Se especifica la atención a la persona a quien va dirigido el presupuesto y se le indicará el alcance del mismo, que para muros tilt-up es por fabricación y montaje de la obra, indicando su ubicación, además de puntualizar de donde se ha generado la información con la que se esta presupuestando, esto es si se genero de planos planos.

Cuando se tiene las cuantificaciones y los precios unitarios se procede a elaborar el presupuesto del proyecto estudiado, determinado principalmente por lo siguiente:

Se debe indicar plazos de entrega o programa de obra a partir de la fecha en que esté cubierta la totalidad del anticipo y es requisito que para el cumplimiento del mismo, los pagos de estimaciones parciales se hagan rigurosamente de acuerdo a lo convenido.

El cliente proporciona el agua y la energía eléctrica trifásica en la obra, ésta debe ser proporcionada sin costo alguno para nosotros, a menos de 50m del punto más lejano en que se requiera.

En caso de presentarse una suspensión de los trabajos por causas no imputables a la empresa, el cliente liquidara la parte ejecutada tanto en materiales como en mano de obra, y en caso de ser necesario, posteriormente se recotizara la parte complementaria.

La obra puede ser suspendida por falta de pagos puntuales sin responsabilidad alguna de la empresa. El retraso en los mismos causara intereses moratorios mensuales sobre el monto del mismo pago.

Cualquier modificación al alcance original del presupuesto o adicional a lo contratado, requerirá de un nuevo presupuesto, mismo que tendrá su nueva forma de pago y tiempo de entrega.

Debe indicarse que el 15% del I.V.A no esta integrado en el total del presupuesto, dicho monto se deberá cargar al momento de facturar.

Es opcional despedirse con una frase breve e indicar que estamos a sus órdenes para cualquier aclaración o duda del presupuesto y firmarlo poniendo nombre y cargo dentro de la empresa.

### 3.6.5 Pedido de materiales.

Una vez aprobado el presupuesto, firmado el contrato por parte del cliente y recibido el anticipo, se procede a fincar el pedido de materiales, éste debe estar capturado en una base de datos, la cual es generada desde la cuantificación para el presupuesto, pero se debe afinar, pues cuando se cuantifica muchas veces se omiten algunas cosas.

Se debe establecer un nombre de la obra, así como un número consecutivo u orden de trabajo para su identificación de otras obras. Es importante tener un expediente por obra para el fácil manejo de la información, separado por áreas, esto es:

1. La parte económica:

- 1.1 Presupuesto y cotizaciones.
- 1.2 Contrato
- 1.3 Estimaciones

2. La parte técnica:

- 2.1 Ingeniería
- 2.2 Correspondencia enviada
- 2.3 Correspondencia recibida
- 2.4 Materiales
- 2.5 Minutas de trabajo

Se emite un resumen por tipo de materiales para el pedido de los mismos, en el cuál se deberá identificar los materiales de importación y nacionales. Por ejemplo para la obra vista en este capítulo tenemos lo siguiente:

En esta lista está contenida la totalidad de los materiales utilizados en esta obra, concretos, agregados, acero de refuerzo, acero estructural, herramienta, etc.

#### Capitulo 1 Concretos.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
1.02CP.....2	Concreto premezclado f'c= 250 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	573
1.03CP.....3	Concreto premezclado f'c= 200 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1203
1.04CP.....4	Concreto premezclado f'c= 100 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	24
1.05CP.....4	Concreto premezclado f'c= 150 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	77
1.20CP.....20	Cemento Pórtland gris	Ton	46
1.23CP.....23	Pega azulejo Crest	kg	2707
1.24CP.....24	Cemento blanco	Ton	0.62
1.25CP.....25	Juntex	Kg	857

#### Capitulo 2 Agregados, Aditivos, Impermeabilizantes.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
2.02AG.....2	Arena	m <sup>3</sup>	154
2.03AG.....3	Grava	m <sup>3</sup>	62
2.04AG.....4	Tepetate	m <sup>3</sup>	13535
2.05AG.....5	Arena sílica	Kg	338
2.09AD.....9	Piedra braza	m <sup>3</sup>	2.5
2.13AD.....13	Xipex	Kg	110
2.16AD.....16	Cimbrafest	lt	123
2.18AD.....18	Ferrofest G	Kg	950

2.20AD.....18	Curafest rojo	lt	1067
2.39AD.....18	Desmoldante Sure - life	lt	768
2.41AD.....18	Festergral	Kg	242
2.46AD.....18	Formula Ashford	lt	1155
2.48AD.....18	Sonofoam Baker-Rod 5/8"	m	969
2.49AD.....18	Snolastic N-P1	lt	803
2.52AD.....18	Epalth P	lt	355
2.53AD.....18	Sil - cure	lt	1004

### Capitulo 3 Cimbras y Accesorios.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
3.02EM.....2	Triplay de 5/8" (16mm)	m <sup>2</sup>	123
3.08EM.....8	Madera común 3a	Pt	4626
3.09EM.....9	Madera común 2a	m <sup>3</sup>	6229
3.17EM.....17	Estacas de madera	Lot	8960
3.18EM.....18	Chaflán ¾" x ¾"	m	1653
3.25EM.....25	Moño de 50 cm de long.	Pza	442
3.27EM.....27	Moño de 20 cm de long.	Pza	26
3.29EM.....29	Cuñas para moños	Pza	50
3.30EM.....30	Placas para moños	Pza	50
3.40EM.....40	Moldura de 100 x 10 mm	m	1225
3.41EM.....41	Moldura trapezoidal 30x 20x25mm	m	50
3.43EM.....43	Duela de ¾"	Pt	265
3.50EM.....50	Clavo	Kg	784
3.71EM.....71	Fexpan de 20cm	m	136
3.75AD.....75	Poliestireno de 20x 25x12.5cm	Pza	169
3.79AD.....79	Poliestireno de 30x 25x12.5cm	Pza	7
3.84AD.....84	Banda ojillada de 9" PVC	m	34

### Capitulo 4 Tabique, Blokc y ladrillos.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
4.03EF.....3	Block de concreto de 15x20x40cm	Pza	5314
4.07EF.....7	Tabique rojo de 69x24cm	Pza	6122
4.08EF.....8	Adocreto de 6cm	m <sup>2</sup>	105
4.20EF.....20	Azulejo vitromex antiderrante	m <sup>2</sup>	175
4.21EF.....21	Loseta mágnium 30x30cm	m <sup>2</sup>	1249
4.22EF.....22	Azulejo vitromex M-6 15x15 B.	m <sup>2</sup>	472

### Capitulo 5 Acero de refuerzo e insertos.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
5.03AR.....3	Acero de refuerzo fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 8	Kg	2133
5.04AR.....4	Acero de refuerzo fy = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 6	Kg	1085
5.05AR.....5	Acero de refuerzo fy = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 5	Kg	1197

5.06AR.....6	Acero de refuerzo fy = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 4	Kg	59359
5.07AR.....7	Acero de refuerzo fy = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 3	Kg	3739
5.08AR.....8	Acero de refuerzo fy = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> # 2	Kg	482
5.20AC.....20	Alambre recocido # 16	Kg	2088
5.22AC.....22	Alambros # 2	Kg	241
5.25AC.....25	Refuerzo horizontal	m	1103
5.28AC.....28	Malla 6-6/10-10	m <sup>2</sup>	940
5.31AC.....31	Malla 4-4/4-4	m <sup>2</sup>	3436
5.28AC.....34	Oxígeno y Acetileno	Car	5
5.28IN.....45	Inserto T3	Pza	5
5.28IN.....52	Inserto T4 19mm – 152 mm	Pza	93
5.28IN.....57	Inserto T41 32mm – 152mm	Pza	93
5.28IN.....62	Inserto T41 32mm-152mm	Pza	324
5.28IN.....67	Inserto B33 25mm – 300mm	Pza	13
5.28IN.....80	Arnés giratorio doble T26 38mm	Pza	2
5.28IN.....81	Arnés de levantante T43	Pza	13
5.28IN.....84	Soporte T147B4 4.25 – 7.15m	Pza	93

#### Capítulo 7 Tubería de concreto y Drenaje.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
7.01TU.....1	Tubo de concreto simple de 18"	m	110
7.02TU.....2	Tubo de concreto simple de 15"	m	281
7.09TU.....3	Tubo de concreto simple de 10"	m	193
7.17TCD...17	Brocal c/tapa de FoFo de/visita 60cm	Pza	3
7.33TCD...33	Escalera p/pozo d/visita	m	5
7.34TU.....73	Coladera de 4 Cúpula Helvex 444	Pza	12

#### Capítulo 8 Acero estructural.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
8.01AC.....1	Angulo APS 1 1/2" x 1/8"	Kg	5232
8.02AC.....2	Angulo APS 1 " x 1/8"	Kg	103
8.09AC.....3	Angulo APS 2 1/2" x 3/16"	Kg	22212
8.04AC.....4	Angulo APS 2" x 3/16"	Kg	24653
8.06AC.....6	Angulo APS 3" x 1/4"	Kg	150
8.07AC.....7	Angulo APS 2 1/2" x 1/4"	Kg	58221
8.09AC.....9	Angulo APS 1 1/2" x 1/4"	Kg	400
8.10AC.....10	Angulo APS 4" x 1/4"	Kg	150
8.25AC.....25	Angulo APS 6" x 1/2"	Kg	100
8.42AC.....42	Monten de 6" cal. 14	Kg	5111
8.44AC.....44	Monten de 4" cal. 14	Kg	228
8.51AC.....51	Placa de acero de 1/4"	Kg	369

8.53AC.....53	Placa de acero de 3/8"	Kg	487
8.55AC.....55	Placa de acero de 1/2"	Kg	150
8.57AC.....57	Placa de acero de 3/4"	Kg	585
8.70AC.....70	Varilla lisa redonda de 13mm	Kg	64
8.72AC.....72	Varilla lisa redonda de 19 mm	Kg	166
6.74AC.....74	Varilla lisa redonda de 25mm	Kg	518
6.96AC.....96	Regilla Irving IS-05 1"	m <sup>2</sup>	16

#### Capitulo 9 Tornillos y accesorios.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
9.91AR.....91	Estrobos 1 1/2" D 6m Long. A-C	Pza	4
9.03VAR.....3	Estrobos 1 " D 6m Long. A-C	Pza	1
9.04VAR.....4	Estrobos 1 " D 6m Long. A-C	Pza	7
9.10VAR.....10	Grillete 1 1/2"	Pza	13
9.12VAR.....12	Grillete 1"	Pza	1
9.18VAR.....18	Patesca simple 10 Ton (No.18)	Pza	7
9.19VAR.....19	Taquete Kwik – bolt 3/4" x 4 3/4"	Pza	214
9.20VAR.....20	Taquete Kwik – bolt 5/ 8" x 4 3/4"	Pza	180
9.21VAR.....21	Taquete Kwik – bolt 1/ 2" x 3 3/4"	Pza	154
9.37VAR.....37	Puerta cortina 2.50 x 3.00m	Pza	2
9.38VAR.....38	Puerta cortina 4.00 x 4.00m	Pza	1
9.40VAR.....40	Puerta malla 6 x 2.50m	Pza	4
9.45VAR.....45	Malla ciclonica de 2.5m	m	347
9.52PER.....52	Perno cortante de 3/4" x 3 3/16"	Pza	1742
9.40VI.....40	Viga para izaje de 6m de long.	Pza	

#### Capitulo 10 Pintura

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
10.59PIN.....59	Thinner	L	84
10.60PIN.....60	Pintura vinilica comex	L	227
10.63PIN.....63	Pintura esmalte comex	L	21
10.64PIN.....64	Pintura esmalte comex (obsc)	L	2025
10.65PIN.....65	Pintura esmalte comex (clar)	L	60

#### Capitulo 11 Láminas y accesorios.

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
11.091LAM.....2	Lamina Pintro lisa cal. 22 45d	m	680
11.04LAM.....4	Lamina Pintro lisa cal. 22 60d	m	132
11.14LAM.....14	Pijas y Clip	m <sup>2</sup>	1900

11.16LAM.....16	Canalòn lamina Pintro cal. 22 1.22d	m	56
11.19LAM.....19	Closure	m	236
11.26LAM.....26	Lamina SSR-KR 18 cal.26 ICP	m <sup>2</sup>	3877
11.321LAM.....32	Cumbrera de lam. pintro cal. 24 61cm	m	56
11.34LAM.....34	Perfil de aluminio 1/16"	m	473
11.36LAM.....36	Domo Acrilico	m <sup>2</sup>	
11.37LAM.....37	Cinta de marcaje	m	473
11.38LAM.....38	Casquillo Lam. Cal.24 6" cal.24	Pza	10
11.52LAM.....52	Lamina Deck 15 cal. 22	m <sup>2</sup>	3877
11.65LAM.....65	Lamina Deck 25 cal. 22 QL .- 99	m <sup>2</sup>	888

Una vez hecha la lista de materiales, se tiene que hacer una orden de compra especificando los materiales a pedir, previa cotización del precio unitario. El contenido de la orden de compra debe tener lo siguiente:

- a) Número de orden de compra
- b) Nombre de proveedor con todos sus datos
- c) Obra para la cual esta destinada este pedido
- d) Orden de trabajo de la obra
- e) Condiciones de pago de los materiales
- f) Fecha de entrega de los materiales
- g) Lugar al que se debe transportar el material
- h) No. de partida
- i) Tipo de material
- j) Cantidades
- k) Ancho
- l) Longitud
- m) Unidad
- n) Cantidad
- o) Precio unitario
- p) Costo del flete
- q) Monto parcial de la partida
- r) Monto total de la orden de compra
- s) Descuento si existe
- t) Porecentaje de I.V.A

Es muy importante pedir en cada orden de compra los certificados de calidad de los materiales, ya que estos deben presentarse en los controles de calidad de los materiales, dichos certificados son la garantía que le estamos vendiendo al cliente lo que se esta presupuestando.

Quando enviamos la orden de compra al proveedor éste debe a su vez enviar un documentó donde se compromete a aceptar las condiciones descritas en la orden de compra, o en su defecto aclarar o notificar del incumplimiento de alguna de las cláusula indicadas. También en el retraso de entrega de los materiales se deberá notificar, ya que esto repercute en el proceso de construcción de los elementos de la obra.

Se debe mantener informada a toda la gente que esta involucrada en el proyecto y construcción de la obra del proceso de pedido de materiales pues de esto depende la correcta selección del material cuando se requiera sin ningún contratiempo.

Se ejemplifica la siguiente orden de compra conteniendo los datos descritos:

INGENIERIA INTEGRAL S.A DE C.V  
 CALLE No. 33 COLONIA XALOSTOC  
 TEL. 5569-6244 / 5569-0402

FECHA: 19/09/1988  
 PROVEEDOR **ACEROS TEPOZOTLÁN**  
 DIRECCION **KM 37.5 CARRETERA MEX-QRO**  
**CUAUTITLAN IZCALI**

**CONTACTO MANOLO RUIZ/ HECTOR AGUILAR**  
**TEL 5872 76000**

**FAX 5872 7640**

ORDEN DE COMPRA TEP 75 - 1
OBRA A - 2 B - 2 V1
O.T. 1505 1506
CONDICIONES DE PAGO CONTADO/ENTREGA
FECHA DE ENTREGA INMEDIATA

PARTIDA	MATERIAL	Kg/m	ANCHO (m)	LARGO (m)	PZAS	UNIDAD	CANT.	P.U	IMPORTE
	1506								
1	PLACA 10	74.70	1525	6100	1	Kg	694.9	4.2	2918.57
	1506								
2	IPR 12"	32.80	1000	12200	1	Kg	400.1	4.65	1860.74

	TOT/Kg	1095.06	TOT	4799.3
\$/Kg			I.V.A 15%	716.90
			TOTAL 1	5496.2

PARTIDA	MATERIAL	Kg/m	ANCHO (m)	LARGO (m)	PZAS	UNIDAD	CANT.	P.U	IMPORTE
	V1								
3	CE 6"X8.2	12.20	1000	12200	1	Kg	148.8	5.21	776.20
	1506								
4	RED 1"	3.97	1000	6000	11	Kg	262.02	3.75	982.58
	1506								
	LI 4" X4"	14.58	1000	12200	8	Kg	1423.01	3.75	5336.28

- 1 HACER CHEQUE
- 2 NO ACEPTAR MATERIAL CON DESCALBRE MAYOR AL 2.5%
- 3 SE REQUIERE CERTIFICADO DE CALIDAD
- 4 PROVEEDOR QUE SURTE
- 5 EN ANCHO A PERFILES = 1000
- 6 PERFILES IPR A 572 GR 50, DE MAS PERFILES Y PLACAS A36
- 7 ESTA ORDEN CANCELA TEP 75
- 8 PERFILES IPR A 572 GR 50, DEMAS PERFILES Y PLACAS A36

TOT/Kg	1833.87	TOT	7095.10
		DES	
\$/Kg	3.64	4%	6811.25
		DES	
		2%	6675.03
	S.TOTAL		6675.00
	I.V.A	15%	100.25
	TOTAL 2		7676.30
	FLETE		1600.00
	G.TOTAL		14722.49

GERENTE DE COMPRAS.....

GERENTE GENERAL.....



### 3.6.5 Programación de obra.

El primer paso en el proceso de programación de cualquier proyecto es el desarrollo de un plan de acción estratégico y operacional. Por estratégico se entiende que los objetivos a lograr sean claros y por operacional que se definieran perfectamente las funciones de cada área, la asignación específica del trabajo e instrucciones y caminos para lograr los objetivos deseados.

Para que el plan indique claramente que es lo que persigue, debe sugerir la lógica del procedimiento e inferir los métodos a utilizar. Para esto se requiere que el proyecto sea descrito de la manera más simple posible, esto es, como la suma de las actividades interrelacionadas (integrar la lista de actividades).

Es necesario considerar, por lo menos de una manera general, los requerimientos de recursos para cada actividad al momento de establecer el plan de acción. Sin embargo lo principal del proceso de planeación involucra la toma de decisiones cualitativas, es decir, "que, como y en que orden".

Un proyecto de construcción está descrito por los documentos del contrato, planos, especificaciones y condiciones generales y particulares.

Las divisiones mayores o áreas de trabajo son generalmente obvias: cimentación, estructura, instalaciones, etc. La selección de los procesos constructivos deberá considerar diferentes alternativas influidas generalmente por limitaciones que marca el presupuesto por la disponibilidad de los recursos, las políticas y los procedimientos tanto internos como externos.

El nivel de éxito alcanzado por el equipo de planeación depende de su habilidad de innovación basándose en conocimientos, experiencia y poder de decisión.

Un proyecto debe ser definido por un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí, las cuales persiguen el logro de una meta. Un proyecto debe tener las siguientes características:

- a) Tener un inicio y un fin establecido
- b) Sus metas son cuantificables, se pueden ir midiendo y evaluando
- c) Sus actividades están interrelacionadas
- d) Las actividades tienen una duración definida
- e) Las actividades tienen una duración definida
- f) Las actividades tienen un costo.

Una actividad es una acción concreta de un proyecto que representa una tarea que puede ser descrita como utilizadora de recursos y de tiempo y que debe ser ejecutada para que el proyecto avance hacia su terminación.

El proceso de programación comienza con un desglose del trabajo por realizar en tareas o actividades, cada una de estas debe ser claramente analizada para determinar de manera exacta qué es lo que se debe de conseguir, como debe hacerse, dónde comienza y donde termina.

El siguiente paso es definir las relaciones y dependencias que cada actividad tiene con las demás actividades del proyecto, tanto dentro de las mismas áreas mayores de trabajo como de otras áreas.

Si las actividades fueran a realizarse unas tras de otras en orden consecutivo. La planeación y la programación serán muy sencillas; sin embargo cada actividad tiene su propio requerimiento de

tiempo y su inicio depende de la terminación de ciertas actividades precedentes, al mismo tiempo muchas actividades son independientes unas de otras y por lo tanto pueden ser llevadas al cabo simultáneamente. De esta manera cuando las necesidades individuales de cada actividad con respecto a materiales, equipo y mano de obra se sobreponen, resulta obvia la necesidad de planear y programar el proyecto.

La extensión o profundidad bajo la cual el proyecto se subdivide en actividades depende principalmente de los siguientes factores:

1. Diferentes áreas de responsabilidad tales como trabajos subcontratados.
2. Diferentes categorías de trabajo que se distinguen por las diferentes necesidades de mano de obra: carpintero, fierro, soldador, etc.
3. Diferentes categorías de trabajo que se distinguen por las diferentes necesidades de materiales: concreto, madera, acero; etc.
4. Subdivisiones distintas e identificables de trabajo estructural: muros, losas, vigas, columnas, etc.
5. Localización del trabajo dentro del mismo proyecto: P.B., 1er piso, azotea, etc.
6. desglose de actividades del dueño de la obra con fines de concurso o pago
7. desglose del contratista con fines de preparar el presupuesto.

Las actividades escogidas pueden representar largos segmentos de un proyecto o pequeñas secuencias. Por ejemplo, un muro tilt-up de concreto puede ser una sola actividad o puede ser descompuesta en cimbra, colocación del refuerzo, colocado del concreto, acabado, curado, remoción de la cimbra. Básicamente la magnitud en la cual el trabajo es subdividido en actividades está determinado por la parte que este utilizando la información. Si el dueño, el supervisor o el responsable del proyecto es el va a utilizarla información, solamente se necesita un detalle moderado debido a que la utilización de la información está limitada a un monitoreo global del proyecto de la obra. Sin embargo, si la información ha de usarse por supervisores de campo que están preocupados por la dirección diaria de la obra, el grado de subdivisión detallado es indispensable.

En un proyecto de construcción se puede encontrar los siguientes tipos de actividades:

- a) De diseño y /o de ingeniería
- b) De suministros, no sólo de materiales sino de permisos, subcontratos, etc.
- c) De construcción:
- d) De preoperación y puesta en marcha
- e) De contingencia, climas retraso en suministros, disponibilidad de recursos financieros, etc.

Duración de las actividades.- una vez definidas las actividades necesarias y sus interrelaciones se requiere una estimación del tiempo para completar cada una de ellas:

1. Intervalo de tiempo utilizado debe seleccionarse como medida básica (mes, semana, día, etc.).
2. Se estima la duración de cada actividad en base al método constructivo seleccionado y a los recursos que serán empleados.
3. Finalmente se realizarán consideraciones con respecto a las contingencias.

Intervalos de tiempo.- Existen varios y el más conveniente deberá ser utilizado, desde unos segundos hasta décadas. Generalmente las mismas cantidades en el proyecto determinan de manera natural la selección del intervalo.

No tiene sentido utilizar días como base para actividades que requieren unas cuantas horas, ni horas para actividades que se extienden por varios días. Usualmente son dos tipos de intervalos considerados en la construcción:

1. Días calendario: Para proyectos o redes que están compuestas en su mayoría por actividades de suministro
2. Días hábiles de trabajo.

Cualquier intervalo escogido debe ser utilizado consistentemente a todo lo largo del proyecto a todo lo largo del proyecto.

Duración de actividades.- Esta es, quizás la tarea más importante para que el programa sea una representación fiel del proyecto. Existen distintas maneras de determinarla:

- ❖ A ojo del programa, esto es en base a la experiencia que tenga el que en programas de obras similares
- ❖ Utilizando guías típicas de rendimientos publicados por distintos organismos.
- ❖ Usando registros de la propia empresa
- ❖ Por medio de pláticas directas con la gente de campo que va a realizar el trabajo.

Consideración de contingencias.- El clima es el principal factor de los retrasos del proyecto, se maneja de tres maneras:

1. Por actividad antes del inicio de la misma, es decir, incrementar la duración de las actividades agregándole un tiempo extra al inicio de la misma
2. Por actividad después de su terminación, es decir, agregándole el tiempo extra al final de la misma
3. Por el proyecto, al final del mismo

### **Tipos de programación de proyectos.**

Una vez que se posee la información anterior (actividades, interrelaciones, duraciones, metas, fechas, etc.) se procede a la programación del proyecto por alguno de los métodos siguientes:

1. Listado de actividades: Es la programación más elemental y consiste en una simple lista de lo que se tiene que hacer en orden cronológico y sin interrelaciones.
2. Diagrama de barras de Gantt: Es uno de los métodos de programación más antiguo, consiste en dibujar la duración de las actividades a través de una escala de tiempo con o sin interrelaciones.
3. Diagrama de eventos críticos: Es un diagrama de barras modificado en el cual se marcan los puntos clave en la ejecución del proyecto, como inicio y fin de actividades importantes. Esto es, puntualizar en el tiempo algún evento importante y a partir de ese evento programar las actividades que están influidas o que influyen en dicho evento.
4. Red de actividades: Es la programación más compleja. Consiste en la representación de las actividades, su interrelación y su secuencia a través del tiempo.

Deficiencias del diagrama de barras:

- a) Inflexibilidad en la actualización para reprogramar el proyecto se requiere reconstruir prácticamente todo el diagrama.
- b) No muestra claramente la interrelación de las actividades.
- c) No indica la holgura que puede tener una actividad en cuanto al tiempo, esto es, que alguna actividad sufra algún retraso sin alterar el proyecto.

- d) No son evidentes las actividades que fijan la duración total del proyecto, aunque algunas de éstas se pueden corregir con técnicas de dibujo.

Ventajas del diagrama de barras:

- a) Ofrece claridad visual
- b) Fácil representación, muestra el programa total de manera compacta.
- c) Facilita la racionalización de recursos a través de la duración total del proyecto. Indica los requerimientos por periodos de tiempo, requerimientos de dinero, horas – hombre, materiales, hora – maquina, etc.

Deficiencias de la red de actividades:

- ❖ No ofrece claridad visual en el dibujo.

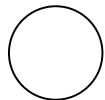
Ventajas de la red de actividades:

- ❖ Presenta claramente las interrelaciones
- ❖ Fácil cálculo de fechas, holguras, etc.

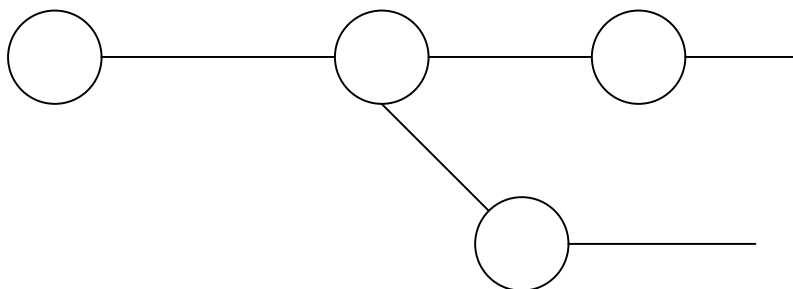
Redes de actividades:

Una red esta compuesta por dos elementos básicos: Nodos y lazos o relaciones entre estos nodos.

NODO



LAZO. FLECHA O RELACIÓN



Con esta representación se pueden crear dos tipos de redes o diagramas; de precedencias y de flechas, donde:

1. Los nodos representan las actividades
2. los lazos representan las interrelaciones
3. Hay una proporción de 1:1 entre nodos y relaciones ( a un lazo una relación).

4. La ruta crítica es cíclica.
5. La dirección del flujo de actividades es de izquierda a derecha, a menos que se indique otra manera mediante cabezas de flecha.

Notación de las actividades:



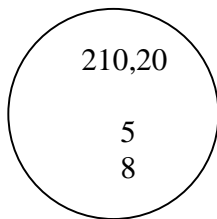
Actividades de diseño y construcción



Actividades de suministro y contingencias



Actividades de pre-operación



Actividades de diseño y construcción

Actividades de diseño y construcción

Actividades de diseño y construcción

A continuación se muestra un ejemplo de programa de obra para el proyecto abordado en este trabajo de tesis, en este programa de obra se utiliza el método de Gantt. Es indispensable que se lleve un control y monitoreo constante de la secuencia y el programa de obra para verificar que se cumplan los tiempos establecidos, esto se logra con una buena organización dentro de la planeación y la ejecución de los trabajos.

# Capítulo IV

---

## CONSTRUCCION DEL PROYECTO.

### 4.1 Generalidades de la obra.

En el primer semestre de 1998 se llevó a cabo un proyecto mediante el sistema de muros tilt-up, en el Parque Industrial Toluca 2000, en Toluca Estado de México, ubicada en el kilómetro 67 de la carretera libre Naucalpan – Toluca. Se trata de una nave industrial para la empresa SIGMA – ALDRICH cuyas dimensiones en planta son 40 x 25 metros, con una superficie de 1000 m<sup>2</sup>; y un edificio de dos niveles para área de oficinas cuyas dimensiones en planta son de 12.5 x 20 metros, con una superficie de 250 m<sup>2</sup>; por cada nivel. En ambos edificios se utilizara el sistema de muros tilt-up. La altura libre desde el piso a la parte más baja de la estructura de cubierta será de 7.00 metros, en el área del edificio principal. Los claros entre las columnas serán de 12.50 x 20.00 m, en las direcciones longitudinal y transversal del edificio respectivamente. La cubierta del edificio será a un agua con pendiente del 2%. Se dejará prevista una ampliación a futuro en las dos direcciones con el mismo sistema de estructuración.

La construcción de esta nave tuvo una duración de 4 meses y un costo aproximado de \$2,350,000.00 (dos millones trescientos cincuenta mil pesos).La construcción se inicio el 1° de diciembre del '97 y se concluyo el 29 de marzo del '98. Durante la construcción de esta nave se emplearon aproximadamente 90 trabajadores, de los cuales 76 fueron para la obra y 14 para trabajos en taller. El desarrollo y la construcción de la obra se explican de manera más detallada en los siguientes apartados.

## **4.2 Organización de la obra.**

Como todo proyecto, la construcción de un edificio tilt-up, debe recorrer el ciclo administrativo de planeación, organización, integración, ejecución, control y evaluación de resultados.

La meta general es la construcción de un edificio observando un cuadro de especificaciones, ateniéndose a un programa de ejecución, siguiendo una secuencia de actividades definidas en procedimientos instructivos, y controlando los costos en todas las etapas.

Esta meta general se compone de metas parciales que deben ser ejecutadas por grupos de trabajo diferentes, de alta especialización. De esta manera, en la etapa de planeación ha definido la lista de oficios que deberán intervenir en la obra, tales como albañiles , plomeros , electricistas, especialistas en telefonía ,redes computo, en aire acondicionado, elevadores, iluminación, acabados arquitectónicos, cristalería, cancelaría, sistemas de seguridad, detección de humus, extinción de incendios y otras especialidades. Destaca la especial atención que se debe poner en la selección y contratación del personal que construirá la cimentación y la estructura del edificio, ya que debido a la importancia que revisten estos elementos del edificio, el personal debe estar debidamente capacitado y ser experimentado en las actividades pertinentes.

La realización de un número importante de actividades exige, de un Coordinador General de Actividades del Proyecto, con una gran claridad sobre la secuencia de ejecución de las obras, lo cual ha sido definido en la etapa de planeación mediante redes de actividades, utilizando técnicas tales como CPM y PERT. Con estas herramientas se define la logística general del proyecto, y pueden identificarse actividades que requieren especial atención.

Con este panorama general, la asignación de tareas deberá recaer en gente experimentada con facilidad para el trabajo de equipo y para establecer lazos de coordinación con los responsables de las actividades previas y las siguientes. Este grupo de colaboradores deberá estar estructurado en un organigrama que precise sus áreas exclusivas de responsabilidad, su dependencia jerárquica, el grupo de colaboradores subalternos y en forma esquemática, las líneas de autoridad funcional.

Con el cuadro de especificaciones de las metas que habrán de alcanzarse la Coordinación del proyecto deberá reclutar, seleccionar y capacitar al grupo de colaboradores directos; de igual manera, realizar la investigación de mercado, o los concursos por invitación o abiertos que integren un grupo de subcontratistas que ejecutaran los trabajos especializados. Por último, deberá integrarse la cartera de proveedores que se seleccionara mediante cuadro de cotizaciones y una evaluación de sus antecedentes en otros trabajos similares, y tomando en cuenta sus condiciones para el establecimiento de los contratos de suministros.

### **4.2 .1 Organigrama de la obra.**

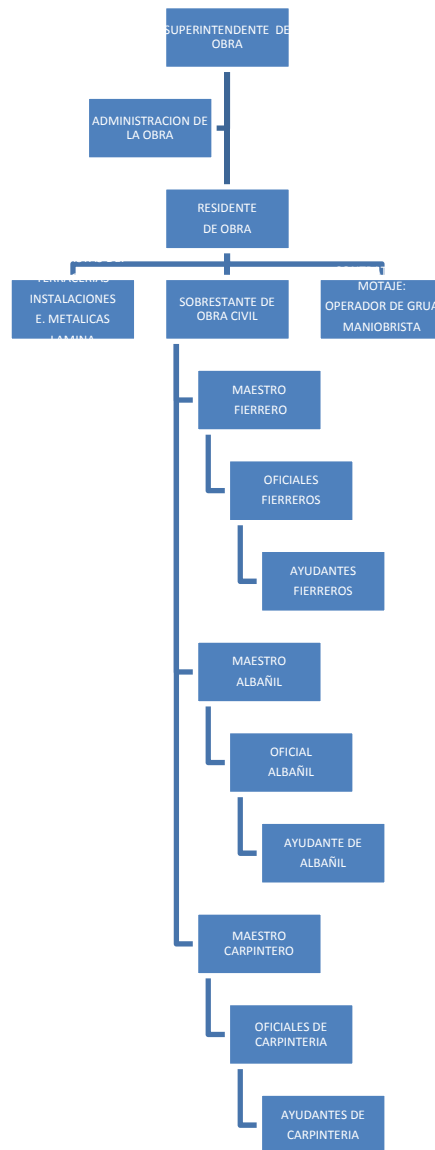
Un organigrama, es un esquema grafico que determina las relaciones jerárquicas entre todos los elementos que intervienen en la ejecución de la obra o proyecto.

Los organigramas pueden tener pocos niveles de jerarquía y así, las decisiones son muy cercanas desde los altos niveles, hasta los niveles operativos. También los organigramas pueden tener muchos niveles; de esta manera se alcanza una gran especialización en la toma de decisiones, y los altos mandos sólo se enteran de estas acciones mediante reportes ejecutivos.

El número de niveles depende en gran medida, de la complicación y especialización requerida en las obras y depende así mismo, del estilo de liderazgo del Coordinador del Proyecto.

En forma general, es recomendable un organigrama que tenga solo los niveles indispensables para que la obra se ejecute en los debidos controles de tiempo, costos, especificaciones, y que el costo de la administración de la obra quede dentro de los rangos del presupuesto definidos en la etapa de planeación.

Como ejemplo se describe el organigrama del personal de obra que participo en el proyecto “SIGM – ALDRICH”, en las figura 4.1.



*Fig. 4.1 Organigrama de la obra de “SIGMA-ALDRICH”*



Este organigrama presenta un esquema propio de la obra que se trata en este trabajo de tesis, que es una obra de poca cuantía en costos, y poco complicada en cuanto especificaciones. Otro tipo de obra de mayor complicación que demande grandes áreas de especialización, requerirá de una organización de varios niveles jerárquicos, es decir, se requerirán tantos residentes de obra civil como frentes de obra se diseñen en el programa general de avance, y se tendrán, tantos residentes de instalaciones como especialidades existan en la obra proyectada.

De manera similar, las actividades de administración demandan cierta especialización para el debido control de las importantes cargas de trabajo que generan los diferentes frentes de obra, tales como la revisión y pago de estimaciones de obra por trabajos ejecutados, tanto por destajistas, personal de obra controlado por residentes y por subcontratistas (ver figura 4.2).

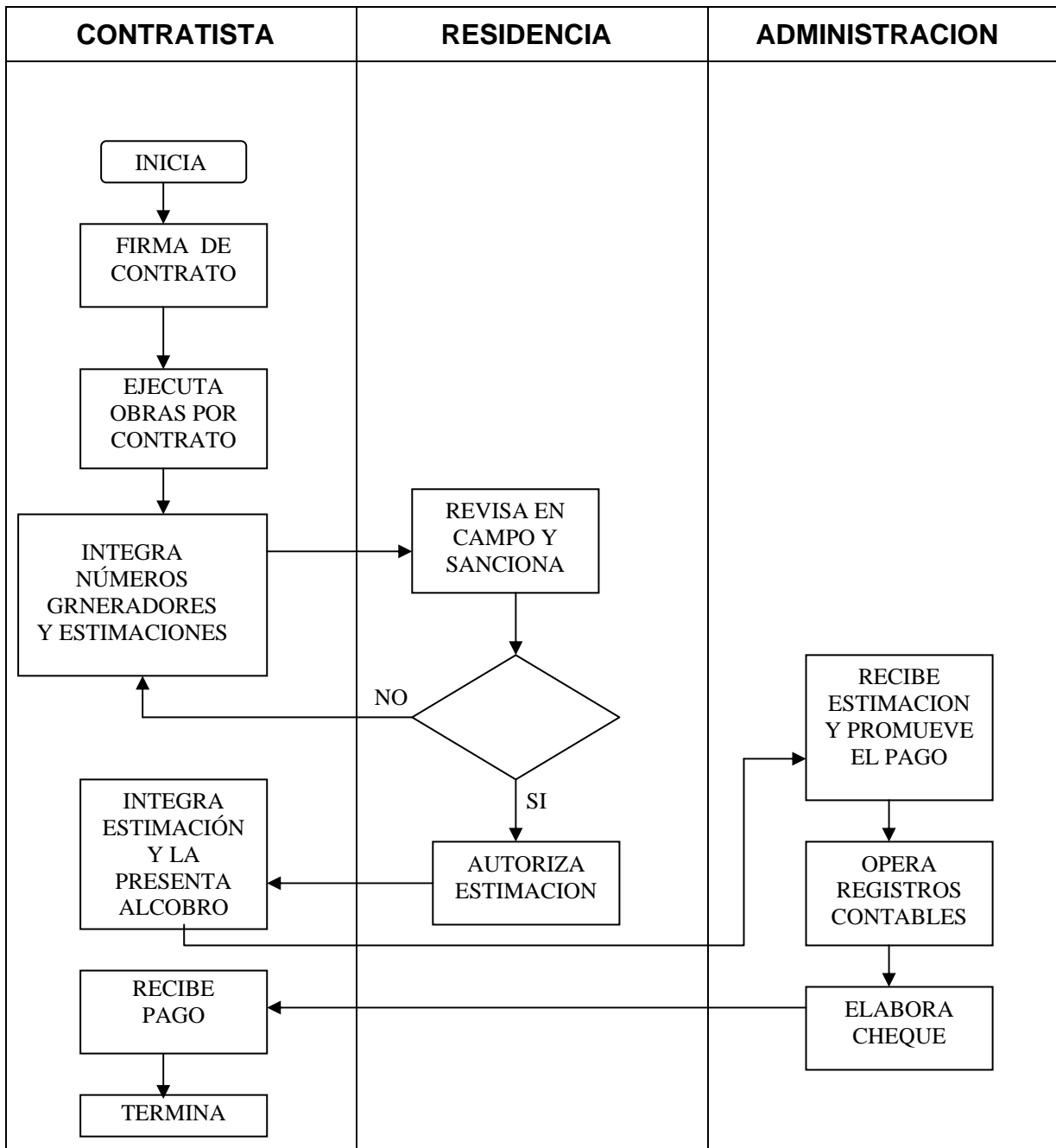


Fig. 4.2 Procedimiento para la integración y pago de estimaciones de obra.

## **4.2 .2 Integración de la residencia.**

La residencia de obra, es el elemento de enlace entre la empresa constructora y la realización de la obra. Es el grupo de trabajo que realiza directamente la construcción, coordina los elementos que intervienen en el proceso, sigue la secuencia de los trabajos definidos en la etapa de planeación, se atiene al cuadro de especificaciones y a los procedimientos constructivos definidos en las etapas de ingeniería del proyecto, vigila los volúmenes de obra y financieros definidos en las etapas de presupuestación. Además, vigila el cumplimiento de las normas oficiales e internas en cuanto a higiene y seguridad industriales, y el cumplimiento de las normas oficiales para el pago de obligaciones fiscales por concepto de prestaciones laborales de ley. Vigila la adecuada operación y mantenimiento de los equipos requeridos por los diferentes trabajos. Vigila el suministro oportuno de los insumos y su adecuada aplicación, de acuerdo con rendimientos teóricos analizados en otras etapas del proyecto, y enfrenta y propone solución a los problemas de carácter técnico que se presente por cualquier eventualidad, durante la construcción del proyecto.

Para la realización de un número importante de tareas, debe contar con la asignación oportuna de la documentación del proyecto, la dotación oportuna de los recursos para la realización de las obras previas de seguridad y confinamiento, para la construcción de las obras provisionales, para la dotación de los servicios requeridos durante la obra y para la instalación de señales que ubiquen las áreas de acceso restringido o peligroso, para que las personas que intervienen en los trabajos, tanto obreros como proveedores, supervisores o accesos externos, transiten de manera segura e informada, por las diferentes instalaciones en proceso constructivo.

Como parte medular de las nuevas tendencias hacia la calidad total de los trabajos, el proyecto y la construcción del laboratorio de control de calidad en obra, y de las instalaciones especiales requeridas, reviste especial relevancia.

Para la realización de obras tilt-up, debe ponerse especial énfasis en la asignación de espacios para el habilitado de cimbra y armados del acero de refuerzo, así como los patios para su almacenaje, mantenimiento y guarda. Para las estructuras de acero, así mismo se debe prevenir los espacios necesarios para la recepción y guarda temporal de los elementos para su posterior izado, colocación y ensamble. Este es un caso similar al de las estructuras de concreto prefabricadas, que deben de llevarse ala obra en trailers, y estibarlos temporalmente para después izarlos y colocarlos en su lugar definitivo.

En ambos casos, deben preverse los espacios para la colocación y la maniobra de las grúas requeridas para el montaje de las diferentes piezas.

## **4.2 .3 Obras provisionales.**

Las obras provisionales, constituyen un grupo de trabajos de construcción fundamentales para que el personal de la residencia, el personal obrero y los subcontratistas funcionen bajo el control de la residencia, y en orden.

Dependiendo de la magnitud y la complicación de los trabajos, las obras provisionales pueden ser desde una caseta de dimensiones mínimas, hasta instalaciones completas que requieren la intervención de especialistas, y se definen en las etapas de planeación del proyecto.

Para realizar estos trabajos dentro de las especificaciones y costos, se requiere de un programa arquitectónico que establezca relaciones entre áreas, proyecto de distribución en

planta, alzado y cortes. Posteriormente se define un cuadro de especificaciones y procesos constructivos para su montaje y posteriormente desensamble para su retiro, cuando así sea oportuno.

Con base en el proyecto, se integra el presupuesto de construcción y el residente debe contar con la dotación oportuna y suficiente de los recursos en numerario y especie, para el montaje de la residencia dentro de los plazos definidos en la etapa de planeación.

Para la definición de los espacios para la residencia de obra, deben considerarse los siguientes servicios:

Espacios cubiertos:

- Oficinas de la residencia
- Almacén de materiales
- Laboratorio de control de calidad
- Caseta de control de accesos
- Casetas de vigilancia
- Baños y regaderas
- Comedores y cocina
- Enfermería

Espacios descubiertos adaptados:

- Patios de maniobras
- Patios de habilitado
- Estacionamientos

La adecuada construcción de la residencia y de sus instalaciones, favorece en la productividad del personal de campo, permite el control en los procesos y en los costos de producción.

#### **4.2 .4 Suministro de servicios provisionales.**

Contando con instalaciones físicas necesarias, la dotación de servicios provisionales permite la adecuada operación del personal de la residencia. En la etapa de planeación, debe definirse la relación y cuantía de los servicios mínimos, tales como demanda de agua potable, drenaje y energía eléctrica para la residencia y para los procesos.

Para el apoyo de actividades administrativas y de coordinación de campo, resulta indispensable los servicios de telefonía y de radio comunicación, además de la dotación de mobiliario, equipo de oficina y de computo.

Dependiendo del tipo de obra, ya sea de acero o de concreto, puede considerarse la dotación e instalación de equipo auxiliares para la realización de los trabajos, tales como plantas de soldar , de energía, grúas, y la dotación de obras para acopio de agua de lluvia y su destajo, tales como carcamos y equipos de bombeo. Es responsabilidad del residente la oportuna gestión ante las autoridades municipales, para la instalación de toma provisional en forma oportuna para el inicio de los trabajos, y la gestión ante las autoridades administrativas de la empresa, para la dotación de los recursos financieros necesarios para el pago de cuotas y de costos de instalación de los servicios requeridos.

#### **4.2 .5 Gestoría de autorizaciones.**

Se podría comentar como marco normativo den las construcciones al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal lo siguiente:

Las autoridades municipales, fundamentalmente las que tienen a su cargo las obras y los servicios, coordinan estas actividades mediante disposiciones tendientes a armonizar el crecimiento de nuevas zonas con las anteriores o la incrustación de inmuebles y estructuras en el entorno, buscando que lo reciente se integre adecuadamente al paisaje urbano existente, y que todo el conjunto satisfaga la calidad prefijada.

Dentro de las disposiciones que deben expedirse, destaca la de un reglamento de construcciones y de un plan regulador ex profeso para cada ciudad. Frecuentemente, por razones económicas, para algunas ciudades se utiliza el reglamento de otras de mayor tamaño adaptándolo a sus necesidades. Cualquier documento de esta naturaleza debe contener los siguientes temas: disposiciones sobre vías públicas; utilización de áreas comunes; directores responsables de obra; licencias; seguridad estructural de las construcciones; construcción de las estructuras; y uso, operación y mantenimiento de los inmuebles.

El reglamento fija las condiciones arquitectónicas que deben satisfacer los inmuebles; definen con precisión los alcances de la autoridad municipal en el control de las construcciones públicas y privadas, y precisa su intervención en ellas, evitando así conflictos y extralimitaciones Innecesarias. Manifiesta el tipo de construcciones que se pueden ejecutar y como hacerlas, e indican los requisitos que se deben satisfacer para obtener una licencia de construcción.

En cuanto a los profesionales que coordinarán las construcciones, señala que requisitos deberán cumplir para tener derecho a su reconocimiento como directores responsables de obra O corresponsales técnicos, según sea el caso, señalando las obligaciones y responsabilidades que emanan de ello.

En la ciudad de México, este compendio se llama Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal ( RCDF). Las disposiciones que contiene están divididas en títulos, capítulos y artículos asociados en grandes rubros, guardando un esquema similar al que se detallo con anterioridad para los reglamentos en general. Las ordenanzas fundamentales están dentro del cuerpo principal y las disposiciones adicionales que exigen un desarrollo meticuloso y susceptible de modificaciones más frecuentes, integran un anexo denominado "Normas Técnicas Complementarias".

Por la importancia que reviste el RCDF se recomienda al lector disponer de él para realizar las consultas a que haya lugar.

Sobre este particular, se hace referencia a uno de los aspectos más importantes que se deben de tener en cuenta en la obra que es la Licencia de Construcción para Obra Nueva, ya que si no se cuenta oportunamente con este documento, nos puede ocasionar graves retrasos por suspensión de obra.

Para la obtención de la licencia de construcción se deberá presentar en todos los casos y firmadas por el director de obra:

- Alineamiento y Número Oficial.
- Uso de suelo
- Planos Arquitectónicos, estructurales y de instalaciones
- Memoria de cálculo
- Algún otro documento que se solicite

En caso que el destino previsto para el edificio no esté expresamente permitido, pero si tolerado como alternativa dentro del plan de desarrollo municipal, se deberá añadir:

- De requerirse, permiso especial de uso de suelo
- Si está clasificada la zona, se acompaña de la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Para la realización de una obra de edificación de gran envergadura, de acero o de concreto, es necesario contar con la participación de un Director Responsable de Obra, una empresa de supervisión, una constructora y una empresa de control de calidad.

#### **4.2 .6 Señalización de obra.**

El propósito de la señalización en las instalaciones de obra, es definir un orden en los espacios, restringir el acceso a ciertas áreas a personas no autorizadas, promover la seguridad industrial, promover la higiene industrial, informar de condiciones especiales a quienes transitan por la obra e identificar las oficinas y servicios entre otros objetivos. La instalación de señales de todo tipo es requerida en todas las obra.

De esta manera existen señales de los siguientes tipos:

- Restrictivas
- Informativas
- De seguridad industrial
- De higiene industrial
- De identificación de espacios

#### **4.2 .7 Laboratorio.**

Como parte fundamental de la realización de los trabajos , con apego a las especificaciones y acorde con la calidad pactada en contratos, debe ponerse énfasis en la contratación de un laboratorio de control de calidad, que cuente con la experiencia necesaria, con personal capacitado, con equipos modernos, instalados con todos los requerimientos para practicar las pruebas de control de calidad, tanto en materiales como en productos hechos en obra y en procesos constructivos, de acuerdo con las normas mexicanas internacionales.

El control de calidad puede llevarse a cabo en todas las etapas del proceso constructivo, desde las pruebas practicadas en la materia prima, las pruebas aplicadas a los subproductos, o las aplicadas a los trabajos terminados.

Para el caso del concreto, la dosificación de los agregados puede determinarse por el propio laboratorio utilizando los mismos agregados disponibles en la zona de las obras, para alcanzar una resistencia de diseño. Además, para medir revenimiento de las mezclas, y es practica común ensayar mediante muestras recogidas en la obra, en cilindros estándar, la resistencia de los concretos a diferentes edades de fraguado. Un ejemplo de equipos para pruebas de concreto se muestra en la (figura 4.3.).

Para el caso del acero de refuerzo, se practican pruebas de resistencia a la tensión, y pruebas de doblado, para determinar la facilidad de su habilitado, y si no contiene cantidades inadecuadas de carbono que lo transforman en frágil y quebradizo.

Para las estructuras de acero, es práctica común la realización de pruebas mediante radiografías, de la calidad de soldadura aplicada, en forma manual o mecánica, para el ensamble de las placas que integran un perfil, o para soldadura aplicada en uniones o ensambles de la estructura completa.

## 4.2 .8 Integración de la documentación de obra.

El adecuado manejo de la documentación de las obras es de gran importancia para dar seguimiento a decisiones de planeación y de programación, así como de ejecución física de los trabajos, del control de los avances y de la calidad, así como para tener fácil acceso a la documentación de soporte para el manejo de eventualidades y desviaciones en los programas, en cambios de especificaciones y en procedimientos constructivos.

En todas las etapas de realización de los proyectos, se genera una cantidad importante de documentos que para su consulta, deben encontrarse organizados, ordenados e incorporados a los espacios dentro de los expedientes que les han sido previamente asignados.

Debe ponerse atención en la disposición, física y ordenada, de expedientes en anaqueles en zonas de la residencia, con acceso restringido sólo a personal autorizado para realizar consultas o para la actualización de expedientes.

A manera enunciativa, se propone a continuación un esquema que puede normar la integración de expedientes, lo que permitiría tener fácil acceso a la información de la obra.

### ▪ **Documentación técnica**

La documentación de carácter técnico, debe contener la información necesaria para que el personal de la residencia cuente con información de antecedentes, objetivos y metas por realizarse, para la construcción del proyecto tilt- up.

Organización administrativa del proyecto:

- ✓ Diseño de la estructura general y organigrama
- ✓ Definición de funciones y lindes de autoridad
- ✓ Manual general de organización

Los diseños ejecutivos:

- ✓ Diseño arquitectónicos
- ✓ Estudio de mecánica de suelos
- ✓ Diseños estructurales.
- ✓ Diseños de instalaciones eléctricas
- ✓ Diseño de instalaciones hidráulicas
- ✓ Diseño de instalaciones sanitarias
- ✓ Diseños de instalaciones de telefonía
- ✓ Diseño de instalaciones especiales
- ✓ Estudio de impacto ambiental
- ✓ Memoria de calculo de los diseños

Autorizaciones:

- ✓ Autorizaciones oficiales
- ✓ Designación del director responsable de obra
- ✓ Registro de notas en Bitácora
- ✓ Registro de notas topográficas

## ▪ Documentación del presupuesto de obras

La documentación de presupuestos, orienta a la residencia sobre los antecedentes de las operaciones financieras realizadas con los pasos previos a la ejecución de los trabajos, y permite la toma de decisiones de manera congruente, con los acuerdos celebrados con otras instancias oficiales o particulares.

Presupuesto para el diseño del proyecto:

- ✓ Diseño arquitectónicos
- ✓ Estudio de topografía
- ✓ Diseño estructural y responsiva
- ✓ Diseño de instalaciones y responsiva.

Presupuesto para la adquisición de predios:

- ✓ Investigación de situación legal de los predios
- ✓ Estudio de factibilidad de servicios
- ✓ Factibilidad de licencias de construcción
- ✓ Presupuesto de escrituración de predios
- ✓ Presupuesto de obligaciones fiscales por adquisición de predios.

Presupuesto por servicios externos:

- ✓ Honorarios por escrituración del predio
- ✓ Honorarios perito municipal
- ✓ Honorarios director responsable de obras
- ✓ Honorarios peritos corresponsales
- ✓ Honorarios por auditorias contables
- ✓ Honorarios por supervisión externa.

. Presupuesto de obra:

- ✓ Relación de conceptos
- ✓ Análisis de precios unitarios
- ✓ Relación de insumos
- ✓ Diseño de instalaciones y responsiva Resultados de la investigación de mercado para insumos
- ✓ Resultado de la investigación de insumos para destajistas
- ✓ Resultado de la investigación de insumos para subcontratistas

## ▪ Documentación de programas

La documentación de programas, define con precisión las metas específicas por cumplirse en el tiempo, la secuencia de actividades previas y subsecuentes, y la identificación de las actividades que por su poca holgura en tiempo para su realización, se constituyen en actividades críticas.

- ✓ Programa general del proyecto
- ✓ Programa para la gestión del proyecto
- ✓ Programa para el diseño general del proyecto
- ✓ Programa general.

#### ▪ **Documentación del control de calidad.**

El control de calidad debe cumplir las demandas del proyecto, en cuanto al alcance en especificaciones de los trabajos, de acuerdo con un cuadro de normas oficiales por aplicar.

- ✓ Reportes de control de calidad de los materiales.
- ✓ Reportes de control de calidad en procesos
- ✓ Reportes de control de calidad en la certificación del personal
- ✓ Reportes de control de calidad en subproductos.

### **4.3 Inicio de obras.**

El inicio de las obras es la etapa culminante de los esfuerzos de otros departamentos de las empresas constructoras. Ya se han culminado los estudios de viabilidad, se han realizado los estudios técnicos, y se ha terminado el diseño de la construcción que ha permitido determinar, a niveles muy exactos de aproximación, los costos que se incurrirá, y se han definido los procesos constructivos con los que se puede estimar la duración de los trabajos, con el objeto de comprometer plazos de terminación, la realización de pruebas de funcionamiento óptimo.

Para poder dar inicio a los trabajos, deberá tener a su disposición toda la información pertinente al proyecto, a las especificaciones y a los procesos constructivos. También se requiere la información completa sobre los presupuesto, los programas de ejecución, de suministro de materiales, de utilización de mano de obra y de utilización de equipos. Tendrá a la vista la relación con holguras de tiempo cero, que por eso se convierte en actividades críticas.

Es necesario conocer la relación de las pruebas de calidad que deberá aplicarse a los materiales, los procesos y a los productos terminados, ya sea que se trate de estructuras de concreto o de acero estructural.

Por otro lado, se requiere haber establecido contacto con el maestro de obra, especialista en diferentes oficios y subcontratistas, para su eventual contratación.

Contando con la información pertinente, con los grupos de colaboradores internos, externos y de proveedores; habiendo realizado las obras provisionales, gestionando los servicios temporales, y establecidos los conductos de comunicación formal con la dirección de la empresa, puede decirse que esta en condiciones de iniciar los trabajos de construcción.

A continuación se explican alguno de los aspectos más importantes para dar inicio a la obra.

#### **4.3.1 Contratos por mano de obra y destajos**

Es práctica común en nuestro medio que la contratación del personal obrero, se realice indirectamente, por conducto de un maestro de obras, quien coordina a un número determinado de obreros especialistas en uno o mas oficios. Estas contrataciones pueden formalizarse a través de dos modalidades: por administración y por destajo. En ambos casos, resultan necesarios en las negociaciones, el catalogo de conceptos de obra, las especificaciones y los alcances de cada trabajo.

Cuando la contratación del personal obrero se realiza por la modalidad de administración, se conviene un ingreso neto semanal por obrero, de acuerdo con su capacidad o nivel dentro de su grupo: peones, ayudantes, oficiales, cabos y maestros de obra. Bajo esta modalidad no existe ningún estímulo a la productividad de los



diferentes elementos, ya que su ingreso semanal esta garantizado independientemente de la cantidad de trabajo ejecutado. Los mandos intermedios, cabos y maestros de obra, reciben un sueldo equivalente a un porcentaje del importe neto de la nomina semanal, o un ingreso mínimo negociado con anterioridad. Cuando los obreros trabajan por administración, se observa un horario de trabajo que rara vez es respetado, y cuando se requiere de la permanencia de los trabajadores por más tiempo que el estipulado, se generan sobre costos por el pago de horas extras. Debido a que esta modalidad demanda un tiempo importante, por parte del personal técnico, para la asignación de tareas, para la dotación de los materiales necesarios y para la vigilancia de los mismos trabajadores, resulta poco recomendable su utilización.

La contratación bajo la modalidad de destajo. Los ingresos de los trabajadores dependen de la cantidad de trabajo ejecutado que cumpla un cuadro de especificaciones y alcances. La negociación de los precios se realiza directamente con el maestro de obra, y en éstos se incluyen los ingresos del propio maestro y los cabos necesarios. Para el pago semanal, se integra una estimación de trabajos ejecutados, cuyo importe total consiste en la suma de las múltiples cantidades de obra de cada concepto por el precio correspondiente. Bajo esta modalidad no existe horario de trabajo determinado y es común que los obreros comiencen a trabajar desde la primera hora del día hasta muy tarde por la noche. Debido a que la productividad del personal se estimula cuando se contrata al destajo, es recomendable emplear esta modalidad, con la observación de que la supervisión por parte de la residencia, debe cuidar la calidad de los trabajos ejecutados, ya que por avanzar volúmenes de obra puede descuidarse el apego a las especificaciones.

En cualquiera de los dos casos mencionados, resulta responsabilidad de la constructora dotar al personal obrero de los equipos y herramientas mayores necesarios para la realización de los trabajos, la dotación de los dispositivos para favorecer la seguridad e higiene en el trabajo. Además es responsabilidad de la constructora realizar los pagos cada sábado, por trabajos ejecutados.

#### **4.3.2 Subcontratos.**

Conviene en la gran mayoría de las obras asignar la ejecución de ciertos trabajos, que por sus características requiere de equipos o trabajadores especializados, a empresas subcontratistas.

En nuestro medio, la gran mayoría de las empresas subcontratistas son de tamaño mediano o pequeño, según los criterios de calificación utilizando por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, de acuerdo con su nivel de facturación anual, o al número de empleados fijos.

La realización de cuadros de cotizaciones es recomendable para poder contar con la mejor postura, cuidando los intereses de la propia constructora.

Para la contratación de trabajos al subcontrato, la empresa constructora deberá haber integrado con anterioridad el catálogo de conceptos de trabajo, los análisis de precios unitarios correspondientes y la investigación del mercado de insumos, con el propósito expreso, de determinar el presupuesto base a costo directo y contar con criterios de comparación cuando las subcontratistas presenten las cotizaciones para la ejecución de los mismos trabajos.

La asignación del contrato deberá realizarse evaluando, no solamente la mejor de las cotizaciones, sino también la experiencia de cada empresa en trabajos similares, de acuerdo con su currículum, el cual debe ser cotejado para comprobar su veracidad. Además, puede evaluarse la posición financiera de cada empresa mediante el análisis de los balances y la información financiera de cada empresa mediante el análisis de los balances y la información financiera necesaria. Por ultimo pueden sopesarse

referencias del tipo personal de los directivos y referencias de tipo personal de los directivos y referencias comerciales de otras empresas.

La formalización de la contratación debe hacerse mediante la firma de un contrato tipo o elaborado a propósito, y debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- 5 Información general de los contratantes
- 6 Objetivo del contrato
- 7 Designación de representantes con poder para comprometer a las partes
- 8 Vigencia
- 9 Derechos y obligaciones de las partes
- 10 Integración de garantías mediante finanzas o retenciones
- 11 Importe total
- 12 Integración de precios y alcances de los conceptos de trabajo
- 13 Formas de pago
- 14 Anticipos y amortizaciones
- 15 Responsabilidades laborales
- 16 Observancia obligatoria de normas de seguridad e higiene industrial
- 17 Observancia de las normas de calidad
- 18 Causas de rescisión
- 19 Procedimiento de rescisión
- 20 Manejo de eventualidades
- 21 Anexos:
  - 21.3 Catálogo de Conceptos
  - 21.4 Análisis de precios unitarios
  - 21.5 Relación de precios de insumos
  - 21.6 Programa de ejecución.

Debe establecerse de manera oportuna, los lazos de coordinación entre el personal de la empresa y los subcontratistas para el inicio de los trabajos, su realización de acuerdo con los programas de trabajo y en la secuencia prevista en los procedimientos constructivos.

#### **4.3.3 Apertura de bitácora y registro de obra**

Resulta fundamental, el registro de los principales eventos que se desarrollan durante la ejecución de los trabajos de construcción, especialmente los que inciden en un cambio, tanto en especificaciones como en programas o costos. Como se define en los contratos de ejecución de los trabajos, las notas de bitácora tienen trascendencia de tipo legal, por lo que estos registros deben ser realizados con cuidado y debidamente fundamentados.

En la práctica se operan registros en la bitácora que no revisten importancia y que bien pudieran consignarse en otro tipo de documento, como podrían ser los diarios de la obra, que operan los encargados de los almacenes, los encargados de la seguridad industrial, los administradores del personal obrero, o los propios encargados de los diferentes frentes de trabajo.

Ya que la bitácora es un documento de carácter legal, y que en juicios pueden utilizarse las notas como prueba de las solicitudes de información o de soluciones, solamente puede ser utilizada por personal representante de las principales instancias que intervienen en la ejecución de las obras: representantes del cliente o propietario; representante de la supervisión de obras; representantes de la empresa constructora y representantes de ciertos elementos del cuerpo ejecutor de las obras.

La bitácora consiste en un libro empastado con tapas duras y hojas foliadas, y debe permanecer invariablemente dentro de la residencia de obras a cargo de un solo responsable, a disposición de quienes tienen autoridad para conocer su contenido y para consignar las notas pertinentes.

Generalmente, las notas se consignan en original y dos copias con papel calca, cuya distribución es la siguiente: el original se conserva en el libro; la primera copia se desprende del libro y se destina para la empresa de supervisión; la segunda copia también se desprende del libro y se destina a la empresa constructora.

Todas las notas deberán estar numeradas en orden secuencial, fechadas, y firmadas por quienes consignan la nota. Los espacios en blanco deben cancelarse con líneas diagonales. Y en caso de errores, no deben tacharse o corregir sobreponiendo escritos, ni utilizando corrector. En caso de este tipo de errores, la nota se cancela, se firma y se repite el contenido del escrito.

Como se ha anotado, los registros en bitácora son aquellos que revisten especial importancia en el desarrollo de la obra, y que implica modificaciones de algún tipo, o la autorización de la supervisión para seguir el proceso constructivo cuyos resultados al final quedarán ocultos, o que pueden incidir en el resultado y que, si se cometen errores, su corrección es costosa en tiempo y dinero. A continuación se enumeran algunos asuntos que son recomendables consignar en una bitácora de obra:

- ✓ Apertura de bitácora
- ✓ Registro de firmas
- ✓ Solicitud de soluciones técnicas
- ✓ Determinación de soluciones
- ✓ Autorización de trazo
- ✓ Autorización de niveles
- ✓ Autorización de armados
- ✓ Autorización de cimbrados
- ✓ Autorización de colados
- ✓ Ensamblé de estructuras metálicas
- ✓ Resultados de pruebas de la calidad
- ✓ Autorización de procesos constructivos
- ✓ Rechazos por calidad, materiales, procesos, o terminados
- ✓ Modificaciones en volúmenes de obra
- ✓ Incorporación de conceptos de obra no considerados
- ✓ Cambio de especificaciones
- ✓ Cambio de procesos constructivos
- ✓ Incumplimientos
- ✓ Siniestros y accidentes que modifican el programa de obra
- ✓ Solicitud de ampliación de plazos y motivos
- ✓ Dictámenes sobre solicitudes de ampliación de plazos y fundamentos
- ✓ Recepciones parciales de obra
- ✓ Cierre de bitácora.

Los registros de obra diferentes a los consignados en la bitácora, son de utilidad para la realización del trabajo administrativo de quienes intervienen en las obras y por rutina, se operan como parte de los sistemas administrativos internos.

Los registros se consignan en formatos diseñados ex profeso y mantienen informada a la dirección de la obra, de los conceptos que demanden atención para evitar retrasos en el desarrollo normal de los trabajos conforme se ha previsto en la planeación.

A continuación se enumeran algunos de los reportes utilizados en las obras de construcción en acero y concreto:

- ✓ Lista de asistencia

- ✓ Reporte diario de incidencias del personal
- ✓ Reporte de suficiencia de oficios conforme a demanda
- ✓ Lista de revisión de dispositivos de seguridad
- ✓ Lista de revisión de equipos de seguridad
- ✓ Lista de revisión de señalización
- ✓ Lista de dispositivos de higiene industrial
- ✓ Reporte de incidencias de seguridad e higiene industrial

#### Administración de almacén

- ✓ Programa de demanda de insumos
- ✓ Reporte de existencias
- ✓ Reporte de insumos en punto de reorden
- ✓ Reporte de requisiciones
- ✓ Reporte de pedidos fincados
- ✓ Reporte de entregas
- ✓ Reporte de demanda v.s existencias de insumos conforme a los avances.

#### Suficiencia de equipos

- ✓ Programa de utilización de equipos
- ✓ Reporte de demanda v.s existencias de equipos especiales de obra
- ✓ Reporte de suficiencia de energía, combustibles o lubricantes
- ✓ Programa de utilización d combustibles y lubricantes
- ✓ Reporte de demanda v.s existencias de lubricantes y combustibles

#### Administración de subcontratos

- ✓ Reporte de existencias de materiales, lubricantes y combustibles
- ✓ Reporte de asistencia del personal obrero
- ✓ Reporte de existencia y condiciones de operación de equipos
- ✓ Reporte de incidencias de carácter técnico.

Los reporte operados por los diferentes elementos de la residencia d obra, deben vestirse en una sola hoja de resumen a la dirección de la obra, para mantenerla informada del transcurso de los trabajos y en su caso destacar la necesidad de intervención cuando así sea aconsejable.

### **4.3.4 Referencia para trazo y nivelación**

Antes del inicio de cualquier trabajo, deberá estar resuelta la construcción de referencias fijas para el trazo y nivelación. Las referencias para el trazo y nivelación, deben consignarse como referencia a un punto fijo de los planos de la construcción; en el campo, deben construirse en número suficiente en el perímetro de las zonas de trabajo y, de ser necesario, en forma temporal dentro de dicha zona.

La ubicación de las referencias debe realizarse por personal especializado en topografía, utilizando aparatos manuales o electrónicos que permitan fijar estas referencias, con la mayor precisión posible.

La construcción de estas referencias, debe realizarse en sitios de poco transito vehicular o de personas, de tal manera que resulte difícil su alteración durante la ejecución de las obras. Se deben construir utilizando concreto hecho en obra, con cimentación a no menos de 40cm de profundidad en forma de pirámide truncada con una altura de 60cm sobre el nivel existente del piso, precisamente a la altura que resulte como referencia para la ejecución de los trabajos. Para el caso de ubicación de ejes, se deberá insertar en la cara superior de la pirámide precisamente en la ubicación del eje, o se deberá pintar un círculo con cuatro cuadrantes, cuya intersección sea precisamente la ubicación del eje de referencia.

La ubicación, construcción y terminación de las referencias fijas, deberá ser revisada por personal de la empresa supervisora, quien finalmente aceptará o rechazará la construcción de la referencia, este evento será consignado en bitácora de obra y podrá procederse a la realización de los trabajos. Las referencias aprobadas, deberán ser consignadas en un plano en planta de las obras y deberán ser reproducidas en la cantidad suficiente para todas las instancias que intervienen en la obra las conozcan en cuanto a su ubicación y a la información que contienen.

Estas referencias pueden utilizarse para trabajos de revisión, en las nivelaciones de las diferentes etapas de construcción: excavaciones, trazo de ejes, nivelaciones de pisos y entrepisos.

#### **4.3.5 Juntas de coordinación.**

Las rutinas de trabajo, son la principal fuente de información relativa a la obra. De aquí la importancia que reviste el buen diseño de difusión y operación de los sistemas internos de carácter administrativo y técnico. Todos los elementos de la residencia generan y utilizan información diariamente, la cual debe ser consolidada para poder ser conocida por el director responsable de obra quien, en su momento, tomará las decisiones pertinentes, en forma cotidiana.

En otro nivel las juntas de coordinación permiten reunir a los directamente involucrados, a fin de conocer las incidencias en otros frentes que eventualmente, pueden influir en su trabajo diario.

Las juntas de coordinación deben organizarse periódicamente, de preferencia semanales, de forma ordenada, convocarse con anticipación, realizarse de manera expedita, y registrar los acuerdos alcanzados, los cuales deben ser seguidos para favorecer su cumplimiento.

Una forma de organizar las juntas de coordinación, por parte de la dirección de la obra es el diseño y la integración de las agendas, la definición de los participantes, y la solicitud oportuna para integrar la información y los documentos necesarios, los cuales deben distribuirse entre los involucrados, para su conocimiento y análisis, previos a la realización de las juntas.

Desde luego, el contenido de las agendas variará de una obra a otra, o de acuerdo con el estilo de administración de cada director de obra; pero en general, es recomendable incluir en las agendas algunas de los siguientes contenidos:

- ✓ Seguimientos consignados en las minutas previas
- ✓ Apego a programas
- ✓ Apego a especificaciones
- ✓ Apego a presupuesto
- ✓ Apego a calidad
- ✓ Análisis de desviaciones y propuestas de soluciones:

- Alternativas
  - Costos
  - Viabilidad

- ✓ Avances de actividades críticas.

## 4.4 Selección del equipo de construcción.

El criterio para la selección de la maquinaria a emplearse en la construcción, cuya gama abarca desde una herramienta manual hasta las grandes máquinas, obedece a laguna o algunas de las siguientes razones:

- Incremento de la producción
- Reducción de los costos globales de construcción
- Realización de actividades que no podrían ser llevadas a la práctica de forma económica, por los métodos manuales
- Eliminación de trabajo manual pesado, aumentando la productividad
- Reducción de mano de obra , donde exista escasez de personal
- Mantenimiento de los elevados niveles tecnológicos requeridos , particularmente en el contexto de los trabajo de ingeniera estructural
- Aseguramiento de la calidad.

La elección de la maquinaria adecuada para una obra, forma parte del proceso de organización de la obra y debe elegirse para cada tarea en particular; no es posible separar la elección de la maquinaria del método de ejecución de los trabajos. Solamente después de tener en cuenta muchos aspectos que están interconectados se puede tomar una decisión.

Algunos factores que se deben tener en cuenta son:

- La tarea a realizar ; en muchos casos la elección del equipo dependerá de las necesidades de movilidad y de transporte de los materiales o del equipo
- La capacidad del equipo; es importante el volumen del material a manejar, en relación con el tiempo disponible en el programa de obra
- La forma de realizar el trabajo, distancias , velocidad, frecuencia de movimiento, secuencias, etc., deben ser tomados en cuenta
- Limitaciones de la ejecución ; en muchas ocasiones la elección se pude ver limitada por obras exiliares o condiciones especificas de la obra
- Los costos del sistema elegido
- La comparación de costos con otras alternativas
- Las posibilidades de modificar el proyecto de la obra, para tratar de adecuarlo a los equipos disponibles

Un factor que no puede pasarse por alto, es la facilidad y rapidez con que pueden conseguirse las refacciones. Todas las refacciones están sujetas a fallar, y si no son fáciles de reponer pueden ocasionar daños graves a la obra.

### 4.4.1 Trabajo u operación específica

Un problema frecuente, cuando se planea la construcción de una obra, es la selección del equipo o maquinaria más adecuados. Debe considerarse que el dinero gastado en una maquinaria es una inversión que debe recuperarse con una utilidad, durante la vida útil de la maquinaria. La maquinaria debe ser pagada por si misma, produciendo una utilidad. A no ser que deba establecerse por adelantado que un equipo producirá más de lo que cuestan, no debe adquirirse.

La elección del equipo es siempre motivo de estudio en cada caso particular, y depende, tanto de la empresa como de la propia obra. El responsable debe escoger una máquina adaptada a el trabajo a ejecutar, pero también lo más simple y robusta, ya que una avería significaría inmovilización, gastos y pérdida de tiempo.

La elección debe de hacerse, tanto sobre tipo de máquina como sobre su cantidad para esto hay que tener en cuenta ciertos parámetros fijos que permiten limitar las soluciones posibles, como son la potencia y el rendimiento del equipo, las características de la obra y la naturaleza precisa de los trabajos a realizar (como pueden ser un plazo de ejecución forzoso). También hay que tener en cuenta una serie de parámetros variables como la duración de cada trabajo, el personal y las condiciones climatológicas. En función de lo anterior, se debe decidir el número de máquinas necesario.

#### **4.4.2 Requisitos de la especificación.**

El costo de un proyecto está influenciado por los requisitos del diseño y por las especificaciones. Antes de completar el diseño final el ingeniero deberá considerar cuidadosamente los métodos y equipo que puedan emplearse para la construcción de la obra. Los requisitos que aumentan el costo de la obra, sin dar beneficios proporcionales, deberán eliminarse. Las últimas decisiones del ingeniero, deberán estar basadas en un conocimiento razonable de los métodos y costos de construcción.

Los ingenieros deben mantenerse informados sobre los desarrollos de nuevos equipos de construcción, ya que esta información les permitirá modificar el diseño de los métodos de construcción para permitir la utilización económica del equipo. El utilizar una revolvedora de concreto de doble tambor, en lugar de una revolvedora de un solo tambor, aumenta la producción de concreto, y en la mayoría de las obras reducirá costos de colado.

#### **4.4.3 Tiempo programado para la realización del trabajo.**

La planeación es lo que permite evaluar el tiempo de utilización del equipo y de presencia en obra, de los equipos. Se debe intentar, en la medida de lo posible, que este tiempo sea mínimo y la principal condición para ello, es que se asegure el pleno empleo de los equipos durante el tiempo de su presencia.

El concertar el uso de máquinas de igual naturaleza en un tiempo mínimo, permite el tener las máquinas a pie de obra, únicamente en el momento en que realmente son necesarias y por otra parte, tenerlas a disposición de otra obra lo más pronto posible. De esta forma, los tiempos muertos se reducen al mínimo y por lo tanto, se reducen también los costos. Es importante considerar que cuando las máquinas sean muy potentes y de costos elevados, será conveniente utilizar varios turnos sin dejar tiempos muertos, de esta manera se acelera la amortización de equipo y se asegura la rentabilidad.

#### **4.4.4 Movilidad que requiere el equipo.**

En muchas ocasiones la selección del equipo se verá determinada por la movilidad que tiene el mismo. Posiblemente, el ejemplo más claro se dé en las grúas.

Las grúas grandes sobre orugas no son auto transportables, y se desplazan a poco menos que la velocidad de marcha a pie; por lo tanto, esta grúa no es una opción acertada cuando el equipo de elevación se necesita solamente unas cuantas horas o incluso días ya que el tiempo para la carga del equipo, su transporte, su descarga y preparación puede suponer todo un día más. En este caso, puede ser conveniente el alquiler de una grúa móvil o sobre un camión con pluma telescópica, que se puede desplazar a velocidades de 20 a 75 km/h y con el sistema telescópico que es muy adaptable y rápido. Lo mismo puede ocurrir en el caso de una

mezcladora que va a producir una pequeña cantidad de concreto; el desplazar el equipo y los materiales puede ser más caro que ordenar el concreto necesario a una planta.

La movilidad es una condicionante muy importante, sobre todo para equipos grandes, sin importar si son para edificaciones de estructuras de acero o de concreto reforzado, y obedece principalmente, a dos factores tiempo y costo. La selección de un equipo puede estar limitado respecto a su movilidad por los siguientes factores:

- Cantidad de trabajo
- Ubicación de la obra
- Trabajos en diferentes puntos de la obra
- Tiempos muertos muy prolongados
- Espacio en la obra.

#### **4.4.5 Identificación funcional del equipo.**

El equipo existente en el mercado, se conoce por las empresas del ramo; existen diferentes medios para estar al corriente de la evolución de la tecnología, como son visitas a las empresas, demostraciones de maquinaria revistas especializadas y exposiciones técnicas.

O existe ninguna definición concisa de lo que es la maquinaria estándar. El equipo que es estándar para una constructora, puede ser equipo especial para otra. Realmente depende de la cantidad de horas de la operación que se le vaya a dar durante la construcción de la obra. Otro método que se utiliza para distinguir al equipo especial, es la cantidad en la que se fabrica comúnmente y en la que está disponible a los posibles compradores.

La adquisición de equipo se debe confinar al estándar, a no ser que el proyecto en particular justifique de manera definida la compra de un equipo especial; el equipo estándar tiene las siguientes ventajas:

- Se puede obtener más rápidamente
- Se puede emplear económicamente en más de una obra
- Las refacciones se pueden obtener más económicas y rápidamente
- Se puede vender más fácil y a un precio favorable.

El equipo especial es aquel que se fabrica para ser empleado en una sola obra o para un tipo de obra en particular, no puede ser adecuado para ser empleado en otra obra.

#### **4.4.6 Identificación del equipo de trabajo.**

Es necesario seguir de una forma precisa el avance de los trabajos, con el fin de compararlo con las previsiones y tomar las decisiones útiles en particular en el caso de retrasos. Por otra parte, es posible haber cometido errores al establecer la planeación, se pueden producir circunstancias fortuitas, condiciones meteorológicas imprevistas, accidentes, etc., factores todos ellos susceptibles de provocar retrasos. Por estas razones, es indispensable llevar un control de estado de los trabajos, para poder reforzar los equipos retrasados si es preciso.

El control debe hacerse frecuentemente, incluso cada día. Consiste en establecer unos patrones de trabajos, cuyo principio es el de planear y al que se le puede suponer para la realización de la comparación clara y eficaz. Es aconsejable que cada maquinaria tenga una ficha técnica; esta ficha debe tener un cierto número de datos de utilidad específica, como son:

- Descripción: dimensiones (útiles para el transporte), rendimiento teórico, elementos para el cálculo del rendimiento real, potencia, consumos teóricos
- Utilizaciones anteriores (incidentes, reparaciones efectuadas)
- Calendario de revisiones y operaciones de mantenimiento a efectuar (limpieza, cambio de piezas, engrase, etc.)



- Resumen de la vida de la maquina; se puede hacer de muchas formas y va ha depender principalmente, del tipo de maquina; la experiencia d otras obras ayuda a saber lo que podemos esperar del equipo.

También es importante tener una ficha de servicio. Aquí el operador, en poco tiempo, lleva un record diario del equipo, permite tener al día la ficha técnica, y facilita el determinarle el coeficiente de utilización.

#### **4.4.7 Equipo para una obra Tilt-Up.**

Para una obra de tipo tilt-up hay dos tipos de equipos, que se consideran básicos:

- Equipos para trabajos de montaje
- Equipos para la producción de concreto.

#### **4.4.8 Equipo para trabajos de montaje**

En el montaje de estructuras para una obra tilt-up, el equipo a utilizar se puede dividir en:

- Equipo de elevación
- Equipo de transportación
- Equipo de ensamble

Bajo el concepto de equipo de elevación, se agrupan los elementos utilizados para elevar y desplazar cargas. Las dos funciones principales de un aparato de elevación son: por una parte, la fijación y elevación (desplazamiento vertical de la carga), y por otra, el desplazamiento horizontal de esta carga y su traslado a otro lugar.

En las máquinas de elevación, el movimiento del cable encargado de elevar la carga está producido generalmente, por un cabrestante mecánico, cuya fuerza motriz está producida por un motor que trasmite por un sistema de biela – manivela a un cigüeñal en que va montado un piñón de mando. El motor puede ser de vapor, de aire comprimido, eléctrico, de gasolina o diesel. Los motores eléctricos son adecuados para cabrestantes rápidos y de poca potencia. Los motores de gasolina y los de diesel, permiten intercalar un sistema de cambios de marchas. La primera división que se puede hacer de las grúas es: a) grúas móviles, b) grúas estáticas.

Las grúas móviles están montadas sobre un chasis móvil. Se componen de una pluma que guía el cable de elevación accionado por un cabrestante mecánico, montado todo ello sobre un chasis giratorio que a su vez, va montado sobre el chasis motriz. Se pueden distinguir dos tipos: las grúas automotrices y las grúas no automotrices.

En las grúas automotrices, la pluma puede ser fija o móvil, está articulada en el punto de la unión con la cabina y puede desplazarse en un plano vertical. Este movimiento se realiza mediante un cable de elevación de la pluma, arrastrado con un cabrestante mecánico. La pluma está formada siempre, por una viga de celosía para conseguir el mismo peso.

El chasis giratorio, esta unido al chasis motriz a través de una corona de rodillos, Un motor situado en una cabina sobre el chasis giratorio, lleva un piñón que engrana con una corona dentada solidaria al chasis motriz y permite a la cabina, y por lo tanto a la pluma, girar alrededor de un eje vertical. Si el ángulo de rotación posible es de 360°, se dice que la grúa es de rotación total.

El chasis motriz puede estar montado sobre ruedas de acero para la circulación, sobre carriles, sobre ruedas de neumáticos, o sobre cadenas. El conjunto de cabrestantes, motores y

órganos de mando, está situado en el interior de una cabina que sirve de puesto de maniobra. La cabina va contrapesada para conseguir un equilibrio con el peso de la pluma y la carga elevada.

Los principales parámetros que caracterizan una grúa son:

- La carga de elevación, o fuerza de elevación: valor de la carga que puede elevar la máquina
- El alcance : distancia a la cual puede la grúa tomar o dejar la carga
- La velocidad de elevación de la carga
- El momento de vuelco que se expresa en toneladas por metro: el momento de vuelco se equilibra con el contrapeso y el peso propio de la máquina, éste es igual al producto de la carga por el alcance.

El momento de vuelco es el más importante, ya que la carga que es capaz de elevar una grúa varía según el alcance; esto quiere decir que a cada alcance corresponde una carga máxima. Para aumentar este valor, a menudo el chasis va equipado con gatos estabilizadote, estos sirven para aumentar la superficie del polígono donde se sustenta, (ver fig. 4.4 )

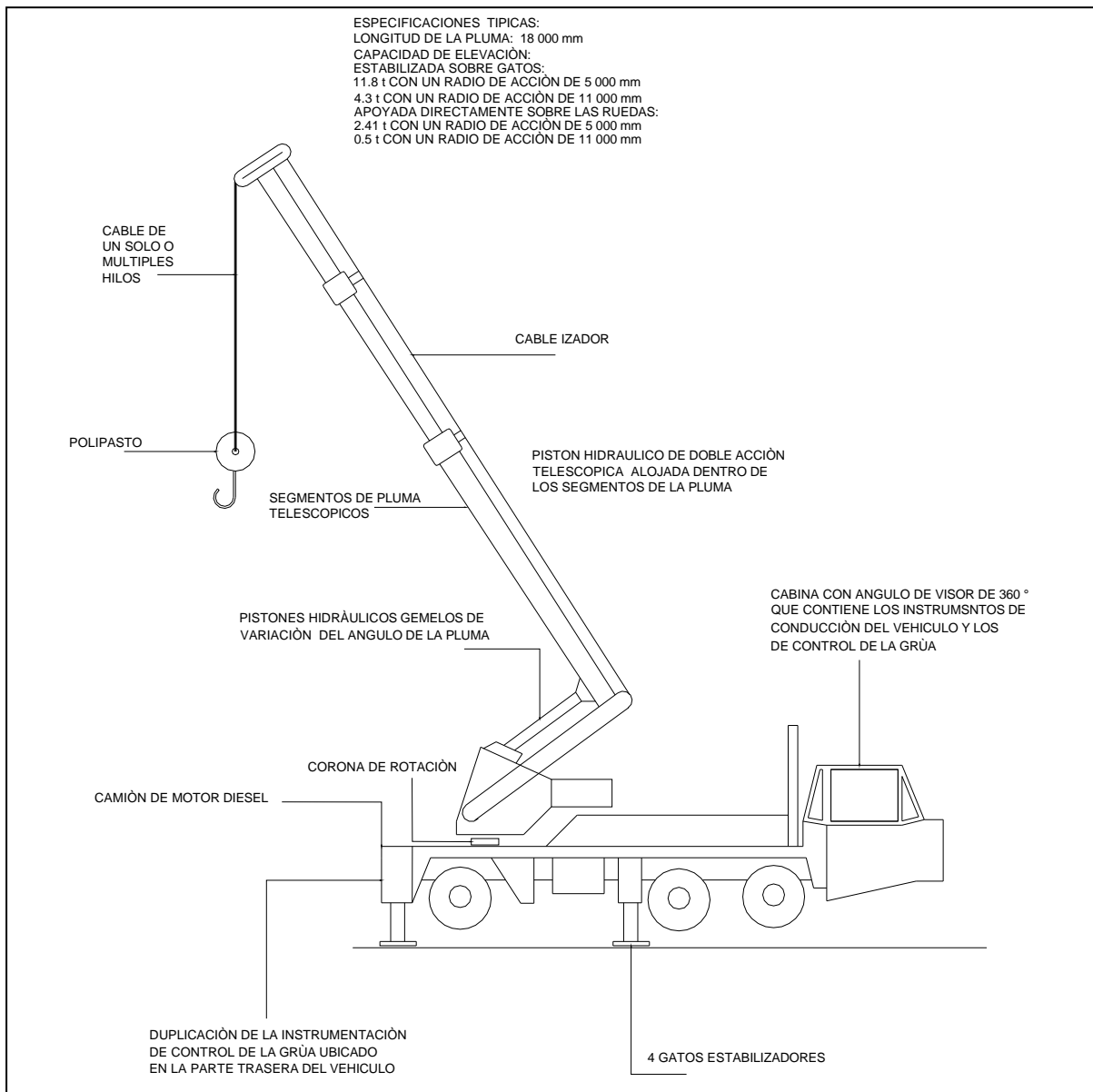
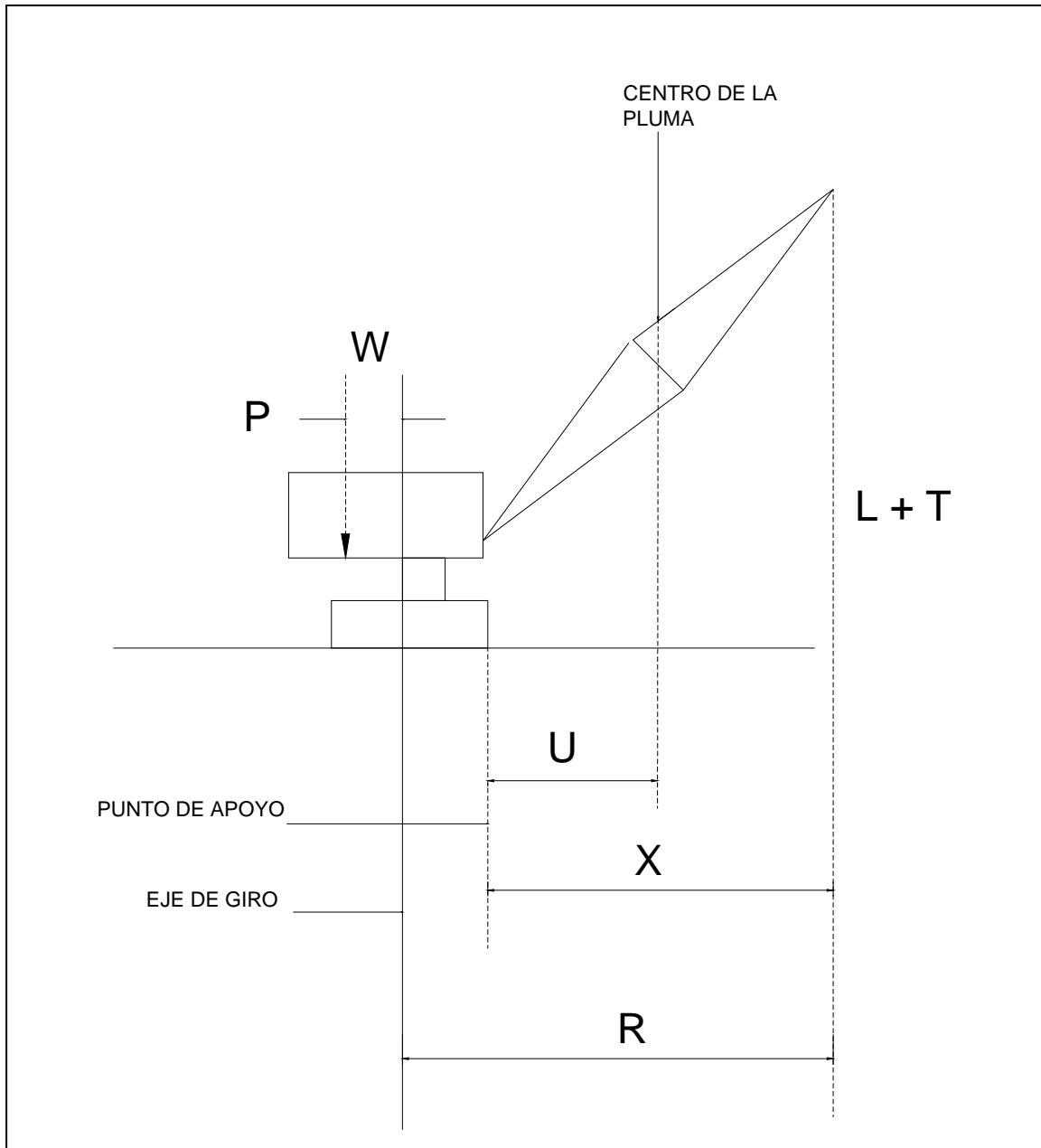


Figura 4.4 Grúa Telescópica.



*Figura 4.4 Fuerzas que actúan sobre las grúas*

La velocidad de elevación, depende del montaje de cable de elevación que puede ser con polea simple o poleas compuestas. El montaje de polea simple, se utiliza para cargas pequeñas y las de poleas compuestas, para cargas grandes. La velocidad de elevación será inversamente proporcional al número de poleas del polipasto. Las grúas automotrices se utilizan principalmente, cuando los desplazamientos son pequeños y la máquina trabaja prácticamente en un lugar fijo.

#### 4.4.9 Capacidad de carga del equipo de montaje

La capacidad de carga de una grúa es posiblemente, la característica más importante; sin embargo, no es independiente la carga que es capaz de elevar una grúa varía según el alcance. Así, la carga de elevación y el alcance no son independientes, una afecta a otra, (ver fig. 4.5).

Para obtener las capacidades de carga de diseño es importante cuidar ciertos factores, la superficie de trabajo debe estar bien preparada, ya que la carga se transmite directamente al terreno, la grúa debe tener un mantenimiento adecuado, el operador debe ser experimentado y se deben cuidar los factores climatológicos que puedan ocasionar accidentes. La carga de vuelco puede ser calculada mediante la fórmula:

$$L = \frac{W(p + y) - Zu}{X} - T \qquad u = \frac{(R - v)}{2} + v - y$$

Donde:

L= carga de vuelco

W= peso de la máquina sin pluma

Z= peso de la pluma

T= peso del cuadernal principal

v= distancia del punto de apoyo

p= centro de gravedad de la máquina, sin la pluma, al eje de giro

y= distancia del punto de unión de la pluma al eje de giro

x= R - y

Por lo que la carga de seguridad de trabajo es: (P) = L - (margen de seguridad).

La capacidad de carga (fig. 4.4) que corresponde a un radio determinado, varía ligeramente con el fabricante de que se trate en concreto. La capacidad viene expresada en términos de la máxima carga (P<sub>máx.</sub>) con el mínimo radio (A mín.) de acción. Los tamaños más aceptados están entre las 15 y 120 toneladas, pero existen grúas con capacidades del orden de 3000 toneladas. Es importante recordar que las cargas de trabajo son un porcentaje de la carga de vuelco.

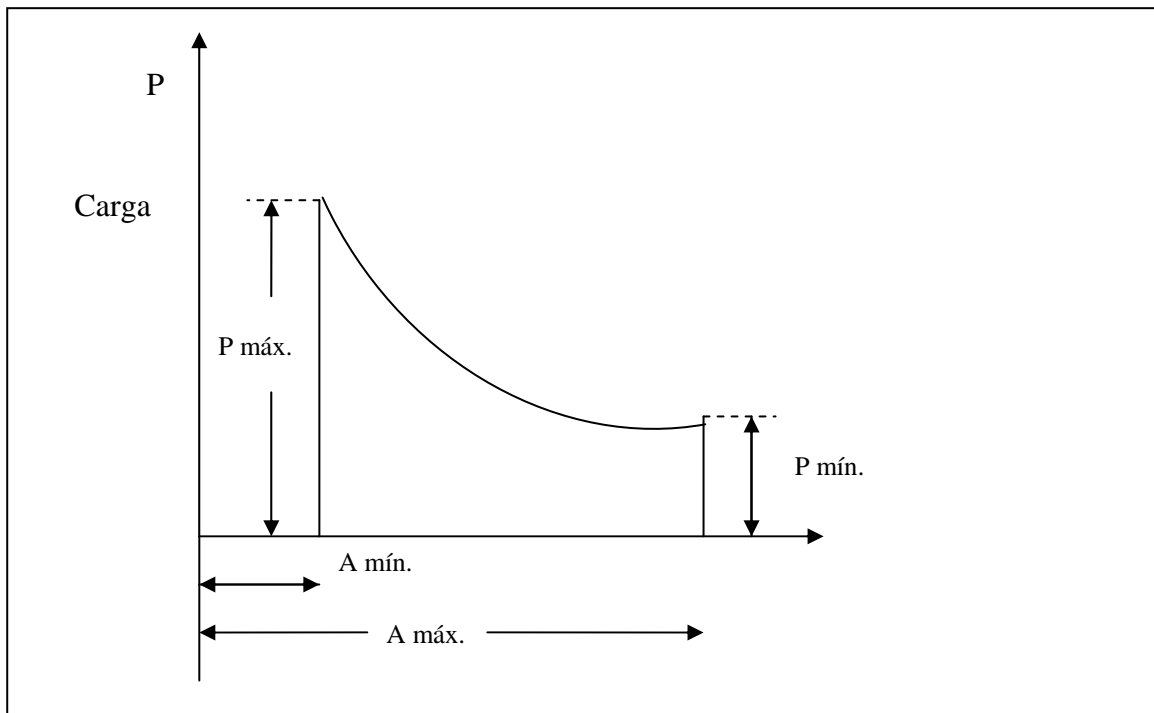


Figura 4.4 Diagrama carga - radio de giro de una grúa

Dependiendo del tipo de grúa y del fabricante, va a variar la capacidad de carga. Las grúas móviles telescópicas, tienen capacidad de carga notablemente menor que las grúas sobre orugas con pluma convencional. A continuación se muestran algunas capacidades de carga de diferentes grúas a manera de ejemplo (tabla 4.5).

Tabla 4.6 a) cargas de trabajo para grúas de pluma convencional sobre orugas, de 35 ton.

Radio (m)	12.2	15.2	18.3	21.3	24.4	27.4
3.5	35.0					
8.0	11.4	11.2	11.1	11.1	10.9	10.8
12.0	6.5	6.4	6.2	6.2	6.0	5.9
16.0				4.0	3.8	3.7
20.0				2.7	2.6	2.5
24.0						1.7
26.0						1.4

Tabla 4.6 b) cargas de trabajo para grúas de pluma convencional sobre orugas, de 32 ton.

Radio (m)	7.6	12.2	15.2	19.8	22.9	27.4	30.5
3.0	32.0						
4.0	28.0	26.0					
6.0	19.0	18.0	18.00	17.00			
8.0		12.0	11.50	11.30	11.20	10.00	8.8
12.0			5.80	5.80	5.8	5.8	5.7
16.0				3.90	3.8	3.7	3.7
20.0					2.8	2.7	2.7
28.8							1.5

#### 4.4.10 Rendimiento y costos

El conocimiento de los rendimientos de los equipos, es esencial para el establecimiento de la planeación y para la selección del tipo de los equipos, así como del número de los mismos.

Para una máquina dada, el rendimiento mecánico no depende evidentemente, del usuario sino del constructor, puesto que se trata de un rendimiento teórico determinado por las características constructivas de la máquina, es únicamente una cuestión de concepción y de buena realización. Es necesario escoger el sistema que pueda dar mejores rendimientos.

El rendimiento real es el que interesa al jefe de obra, pues le permite dimensionar el equipo o calcular el número de equipos a utilizar simultáneamente. Se expresa en general, en producción horaria. Según sea la utilización, será preciso multiplicar este rendimiento por un coeficiente reductor. Este coeficiente tendrá en cuenta: la naturaleza exacta del trabajo, sus

condiciones de ejecución, la organización de la producción, etc. Las correcciones pueden estar muy lejos de ser despreciables, y el rendimiento puede sufrir una reducción muy importante.

Intervienen además, otros factores en la determinación del rendimiento real; frecuentemente el rendimiento de una máquina o equipo, se indica por una capacidad dada que raramente se cumplirá en la práctica. Los horarios de trabajo tienen también su importancia. Al principio, el rendimiento pronto su máximo y mantiene en el cierto tiempo. Pero a medida que transcurre la jornada, el operario se fatiga y disminuye su rendimiento. Al finalizar la jornada, la disminución puede ser importante. No es, en general, económico e interesante prever turnos de trabajo demasiado largos. Si se prevé trabajo continuo y largo, se deberá tener en cuenta periodos de descanso que permita una cierta recuperación. En el caso de trabajos nocturnos, no se podrá evitar una disminución del rendimiento debido a la iluminación artificial, menos satisfactoria y más fatigosa que la iluminación natural; es prudente considerar un rendimiento del 80% del diurno, en las mismas condiciones de ejecución.

Hay que tener en cuenta que ciertas máquinas trabajan en forma intermitente; se conoce como intermitencia a la relación entre el tiempo de trabajo efectivo y el tiempo total. Si una grúa ejecuta 20 movimientos de 45 segundos en una hora, su intermitencia será 0.25 o 25%.

Al estimar el costo del equipo para la erección del acero estructural, se deberá incluir el costo del transporte del equipo, el costo del combustible y de los lubricantes: este costo va a variara, dependiendo del equipo empleado y de la distancia de la obra.

El costo de la mano de obra de erección estructural, variará con el tipo de estructura, con la clase de equipo empleado, con el tamaño de los miembros, con la clase de conexiones, con las condiciones climatológicas y con los salarios de la zona. Una cuadrilla de obreros especializados, puede variar d cinco hombre par obras pequeñas, hasta nueve para obras grandes, solamente para la erección, excluyendo remachadores o soldadores según sea el caso. En la *tabla 4.7* como ejemplo, se relacionan las horas necesarias por tonelada, y por cuadrilla dependiendo del tipo de cuadrilla dependiendo el tipo de estructura.

*Tabla 4.7 Rendimientos de cuadrillas de montaje.*

Tipo de estructura	Equipo	Tamaño de la cuadrilla	Hr cuadrilla/por ton
Estructuras de techo:			
Hasta 544 kg	Grúa	5	1.6
544 – 1089 kg	Grúa	5	1.3
1089 – 1633 kg	Grúa	5	1.0
1633 – 2177 kg	Grúa	6	0.8
Estructuras:			
Hasta 4 pisos de altura	Grúa	7	0.5
Hasta 8 pisos de altura	Grúa estacionaria	8	0.5
8 – 18 pisos de altura	Grúa estacionaria	8	0.4

Al remachar el acero estructural, usualmente se emplea una cuadrilla de cinco hombres. La cuadrilla incluye un hombre calentando los remaches, otro tachándolo, dos remachando y otro más operando los compresores neumáticos; éste puede cuidar dos o tres compresores al mismo tiempo. Una cuadrilla deberá instalar de 30 a 45 remaches por hora, dependiendo si es construcción ligera o pesada, y del número de remaches por conexión. El costo de la mano de obra para el remachado de campo de una estructura de acero, puede estimarse contando el número total de remaches requerido para la obra, estimando después la velocidad de instalación y el costo por hora de la cuadrilla de operadores. Esta es labor tediosa. Pero da resultados razonablemente precisos. Otro método, consiste en determinar el número probable

de remaches por tonelada de acero estructural; esto por el número total de toneladas dará el número aproximado de remaches.

El costo de la soldadura de las estructuras incluye el costo de los electrodos, electricidad, mano de obra y cargos fijos. Para lograr soldaduras económicas, se deben cuidar los siguientes puntos:

- Moverse lo más rápido posible, dentro de los límites de la buena apariencia de la soldadura
- Usar el mayor electrodo posible
- Usar la corriente eléctrica más elevada posible
- Usar el menor arco posible, arrastrando el fundente o recubrimiento en donde pueda practicarse
- Usar la preparación adecuada de las placas
- Mantener el espesor a un mínimo.

Se tienen que considerar que los electrodos que se fabrican en tamaños que varían de 1/16 a 3/8 de pulgada de diámetro o mayor, y en longitudes de 14 a 18 pulgadas; para soldaduras comunes, se desperdiciará un trozo de 2 pulgadas de cada electrodo. El electrodo puede ser para corriente alterna o directa y también con diferentes recubrimientos: es importante usar el electrodo adecuado para colegir buenos resultados y económicos.

#### **4.4.11 Equipos para la producción de concreto**

La principal división que se puede hacer en el equipo que se utiliza en las edificaciones de concreto reforzado, es en cuanto estructuras prefabricadas y estructuras coladas in situ. Cuando las estructuras son prefabricadas, el armado y el colado se hacen en la fábrica con equipo adecuado, sólo dejando el montaje para la obra. Sin embargo cuando las estructuras se fabrican en la obra, se requiere más equipo y un control mayor sobre el mismo. A continuación se describen los equipos necesarios para la fabricación de estructuras de concreto.

#### **4.4.12 Equipo para el manejo de concreto**

Los procedimientos y equipos que se aplican al manejo de concreto suelen depender, como muchos, de la magnitud de las obras. En términos generales, puede suponerse que existen tres sistemas principales para la fabricación de concreto en la obras de edificación, cuyo empleo influye en el sistema de manejo y el equipo utilizar:

- 1) Dosificación de materiales y mezclado de concreto a pie de obra
- 2) Dosificación de los materiales en una planta central y mezclado a pie de obra
- 3) Dosificación de materiales y mezclado de concreto en una planta central.

Muchas veces no existe una clara delimitación entre lo que constituye el transporte y la colocación del concreto fresco. Se puede decir que el transporte consiste en trasladar el concreto, desde la mezcladora hasta el punto más cercano posible a su ubicación final en la estructura, y la colocación es el proceso mediante el cual, ese concreto se deposita dentro de los moldes que den forma. Sin embargo, el equipo que se emplea es tan variado que en ocasiones se confunden las operaciones, formando una sola que se puede definir como manejo del concreto.

El fin de un correcto manejo del concreto, es situar cada una de sus porciones dentro de la estructura en las condiciones más parecidas posibles a como abandonan la mezcladora, es decir con la mínima pérdida de su homogeneidad original. El riesgo que durante el manejo del concreto fresco se presente segregación, depende de varios factores como son:

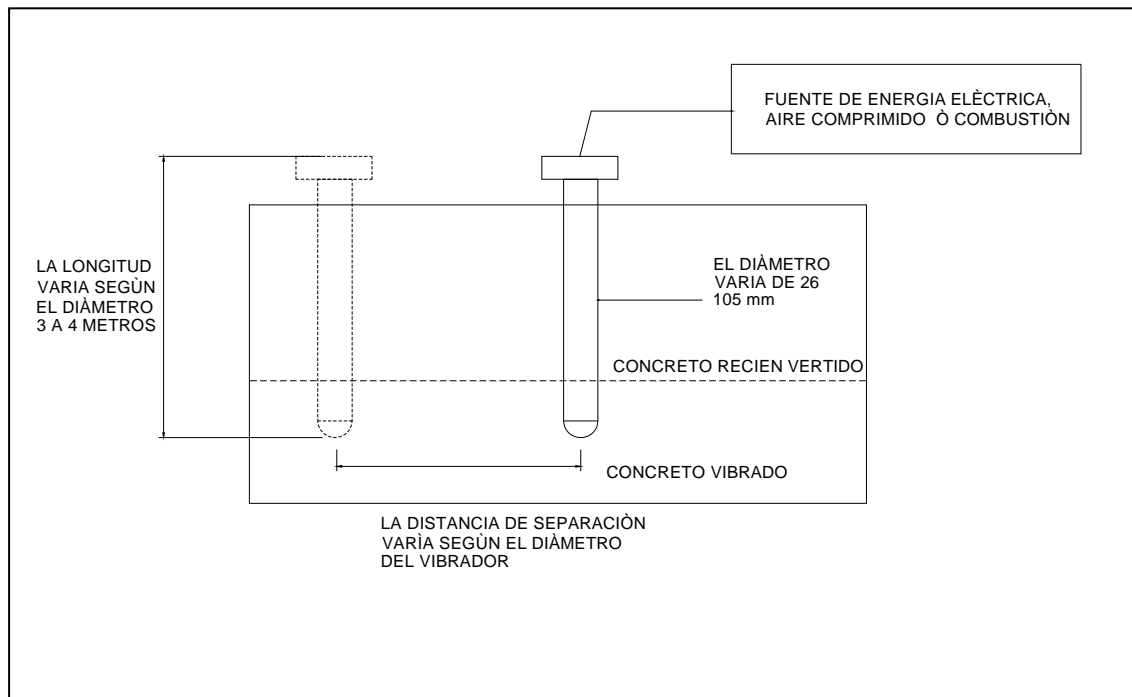
- Consistencia de la mezcla. Las mezclas que más se segregan son las más fluidas, cuyo exceso de agua reducen sus propiedades
- Tamaño máximo del agregado. La tendencia a la segregación aumenta conforme es mayor el tamaño del agregado
- Contenido de cemento. Las mezclas ricas en cemento son más cohesivas y segregan menos que las pobres
- Procedimientos, equipo de transporte y colocación, La selección del equipo debe tomar en cuenta las características particulares de cada edificación y los aspectos económicos.

Por último, el proceso de colado termina con la consolidación o compactación del concreto. Este es el procedimiento a que debe someterse el concreto recién depositado para llenar el espacio confinado por las formas, hasta constituir una masa exenta de cavidades. Existen tres procedimientos básicos para consolidar el concreto:

- 1) Por compactación
- 2) Por gravedad
- 3) Por vibración

Generalmente, la compactación del concreto es una actividad que se realiza a mano y es de gran importancia, tanto para la resistencia como para la apariencia y durabilidad. El relleno y compactación, se pueden llevar a cabo usando simples pisones o mediante la ayuda de elementos de maquinaria, tales como los vibradores; existen tres tipos principales de vibradores:

- 1) Vibrador de aguja. Consiste en una camisa de acero con una turbina giratoria en su interior que entra en la vibración cuando su cabezal se pone en contacto con la camisa; deben introducirse verticalmente en la masa y penetrar 75mm en la última capa vibrada *ver figura 4.8*
- 2) Vibradores de grapa. Estos funcionan con aire comprimido o electricidad
- 3) Vibradores de bandeja. Funcionan generalmente con gasolina.



*Figura 4.7 Vibrador de aguja.*



#### 4.4.13 Equipo para el procesado y mezclado

Para la producción del concreto es muy importante el mezclado, por lo que el equipo y los métodos empleados deben ser capaces de mezclar eficazmente componente del concreto con el mayor tamaño de agregado especificado; se deben producir mezclas uniformes con el menor revenimiento que sea práctico para el trabajo. Existen diversos tipos de mezcladoras, por lo que al elegir un tipo, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- 1) Producción máxima requerida (m<sup>3</sup>)
- 2) Cantidad total requerida (m<sup>3</sup>)
- 3) Tipo o método de transporte por utilizar
- 4) Altura de carga

Los tipos más comunes de mezcladoras son de tambor de tiro vertical (figura 4.8), y el de aspas en espiral. Una mezcladora de tambor, tiene un arreglo de aspas en espiral y una forma de tambor para asegurar de extremo a extremo, el intercambio de revoltura sobre la si misma. En la mezcladora de tiro vertical, las aspas giran sobre ejes verticales que operan en un recipiente fijo o giratorio que da vueltas en sentido opuesto; con esta mezcladora la revoltura se observa y se pueden hacer ajustes rápidos. La mezcladora de paleta en espiral, consta de un eje horizontal movido por fuerza motriz con paletas en espirales que operan dentro de un tambor horizontal.

Entre las diversas pruebas para verificar el funcionamiento de una mezcladora están las siguientes:

- Contenido de aire
- Revenimiento
- Peso unitario del mortero libre de aire
- Resistencia a la compresión
- Contenido de agua en la mezcla
- Contenido de cemento en el mortero seco
- Contenido de agregado grueso

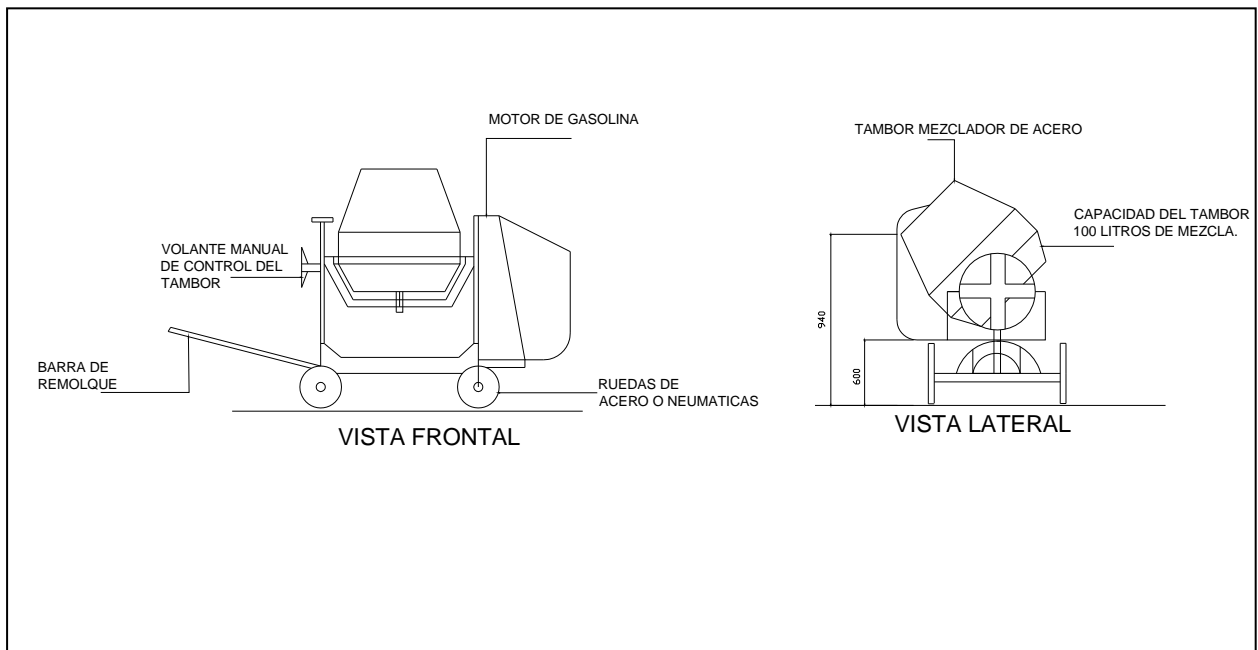


Figura 4.8 Revolvedora de tiro vertical

El concreto premezclado puede mezclarse en una planta central y transportarse a la obra en camiones revolvedoras, mezclarse en el tránsito o parte en la planta y parte en el trayecto a la obra. Las plantas de concreto bien equipadas, son una excelente fuente de concreto de alta calidad; se requiere de un riguroso control en la adición de agua en el traslado, o en cualquier otra etapa. Además de los ingredientes que forman la mezcla, existen otros factores que afectan el concreto premezclado como son los siguientes:

- Magnitud y velocidad del mezclado
- Distancia del transporte
- Tiempo de descarga
- Condiciones de temperatura ambiente.

El mezclado en un camión, es un proceso donde los materiales previamente dosificados en una planta se transfieren a un camión donde se lleva acabo el mezclado; muchos productores dosifican los ingredientes a velocidad de carga , y realizan el mezclado una vez que llegan a la obra. Otro procedimiento es completar el mezclado en la planta y hacer el viaje con el tambor sin girar. Cuando el tambor se está descargando debe girarse a la velocidad que especifica el fabricante.

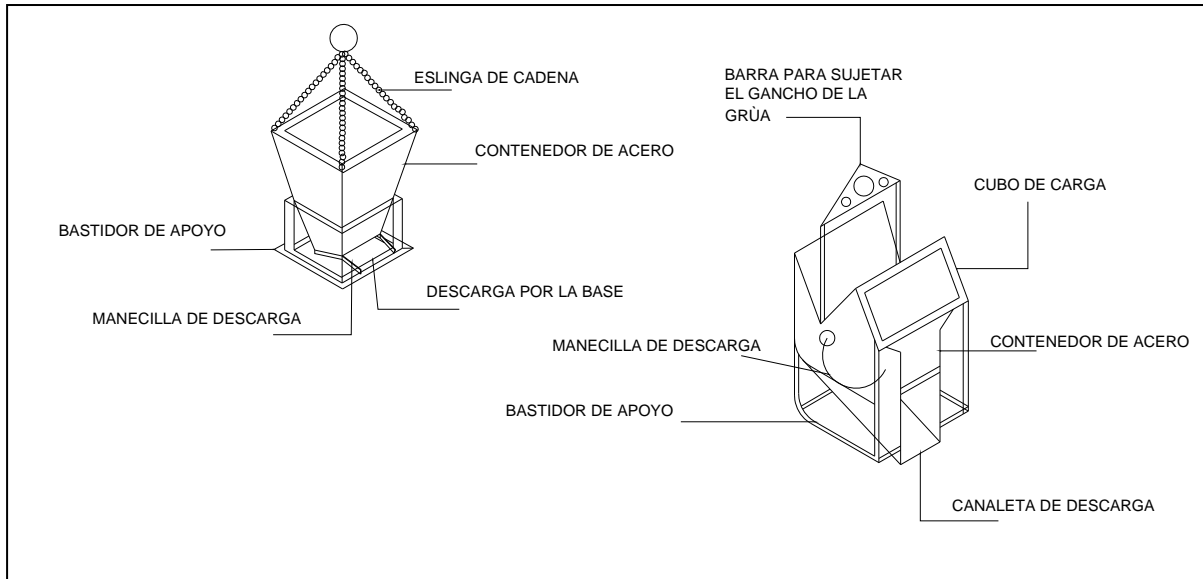
En el concreto dosificado en seco, se transportan al sitio de la obra por separado, materiales secos del agua; esta última se agrega a presión a velocidad de mezclado, y se dan 70 a 100revoluciones usuales para completar el mezclado del camión. Este método es una solución para viajes largos o demoras en colocación.

#### **4.4.14 Equipo para el transporte**

El concreto puede ser transportado por métodos y equipos diversos, tales como carretillas o vagonetas, botes para concreto, mezcladoras de camión fijas con o sin agitadores, cucharones transportados por camión i carro de ferrocarril, por conductos o mangueras, o por bandas transportadoras. Cada tipo de transportación posee ventajas y desventajas específicas que dependen de las condiciones de uso, los ingredientes de la mezcla, la accesibilidad y ubicación del sitio de colocación, la capacidad y tiempo de entrega requeridos, y las condiciones ambientales.

Cuando se requiere transportar concreto en volúmenes reducidos y distancias cortas, puede resultar conveniente el empleo de carretillas; éstas deben estar provistas de llantas neumáticas para reducir las vibraciones y golpes, se debe establecer una circulación continua, y acondicionar la superficie de rodamiento y el punto de descarga. También se puede utilizar carretillas motorizadas, que se componen de un chasis automotriz sobre tres ruedas y una caja basculante en al parte delantera, con capacidad alrededor de 300 tiros, es decir, del orden de diez veces más que la carretilla de mano. El operador va caminando detrás de ella y la dirige con una palanca de controla la única rueda motriz; la velocidad de desplazamiento es del orden de 4Km/h.

Los botes para concreto (figura 4.9) , son recipientes metálicos de forma tronco – cónica, diseñados para conducir y descargar concreto. El transporte se lleva a cabo suspendido con un cable que se puede accionar por grúas, plumas dragas, cable vías, etc. El bote se carga por la parte superior y descarga a través de una compuerta inferior, lo que permite el manejo de mezclas de consistencia relativamente seca. Además, por viajar por suspensión, puede realizarse un transporte con suavidad; estos casi no se utilizan en edificaciones.



*Figura 4.9 Botes para concreto*

Los camiones con tambor giratorio (figura 4.10) , pueden emplearse para la carga, mezclando ,agitación y descarga del concreto. Algunas especificaciones limitan las revoluciones para cada paso; otras fijan límites en el número de revoluciones para velocidades de mezclado, o se especifica un tiempo máximo. Otro método de especificación es no limitar las revoluciones o el tiempo, siempre y cuando no se exceda el agua de mezclado especificado; este método es muy utilizado cuando se tienen tiempos máximos de entrega o cuando no hace calor.

Los camiones con caja fija de una caja fija abierta, montada sobre un camión ; el tiempo de entrega no debe exceder de 30 a 45 minutos , y la caja metálica debe tener superficies de contacto lisas y estar diseñadas para descargar el concreto desde atrás. Los recipientes de concreto montados en camiones o carros de ferrocarril, son transportes de concreto masivo a puntos cercanos de la planta; la descarga del concreto debe ser cuidadosa para impedir la segregación.

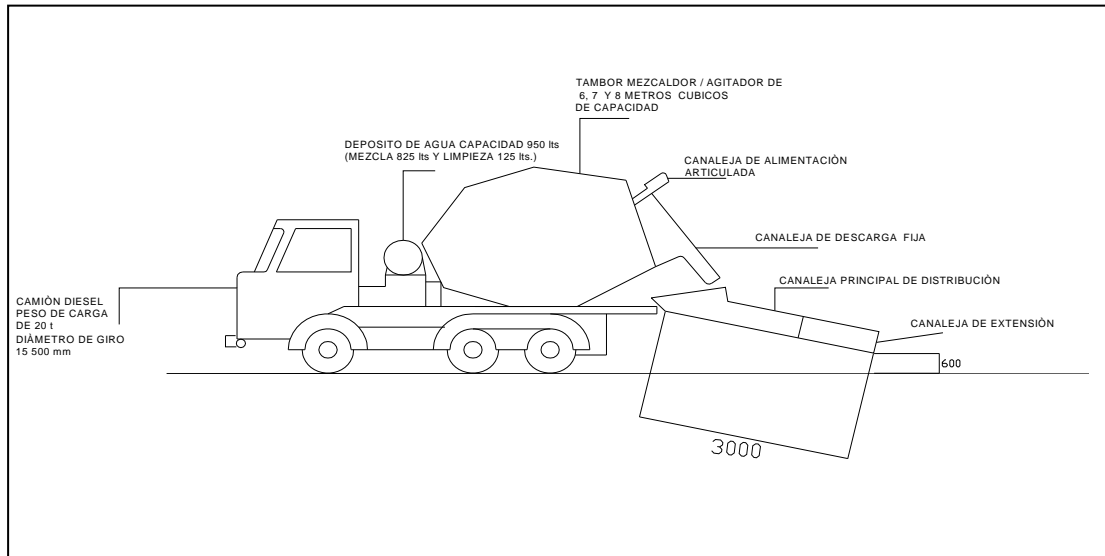
Las transportadoras de banda se han establecido bien en construcciones de concreto; se pueden clasificar en tres tipos:

- 1) Transportadoras portátiles o autosuficientes
- 2) Transportadoras alimentadores o en serie
- 3) Transportadoras de descarga lateral.

El tipo de transportadoras de banda se han establecido bien en construcciones de concreto; se puede clasificar en tres tipos:

- 1) Transportadoras portátiles o autosuficientes
- 2) Transportadores alimentadores o en serie
- 3) Transportadoras descarga lateral.

El tipo de transportador en serie. Funciona a velocidades altas de más de 150m/min. Los tipos portátiles y de descarga lateral, operan a velocidades menores. Todos dependen de una adecuada combinación entre el ancho de la banda y la velocidad para lograr la velocidad de colocación deseada.



*Figura 4.10 Camión revolvedor.*

Las canaletas se emplean con frecuencia para trasladar concreto, de elevaciones superiores a inferiores; deben de ser de fondos curvos y construidos o forrados de metal, tener suficiente capacidad para evitar derrames, la inclinación debe ser constante para permitir que el concreto y el revenimiento requerido fluyan sin segregarse.

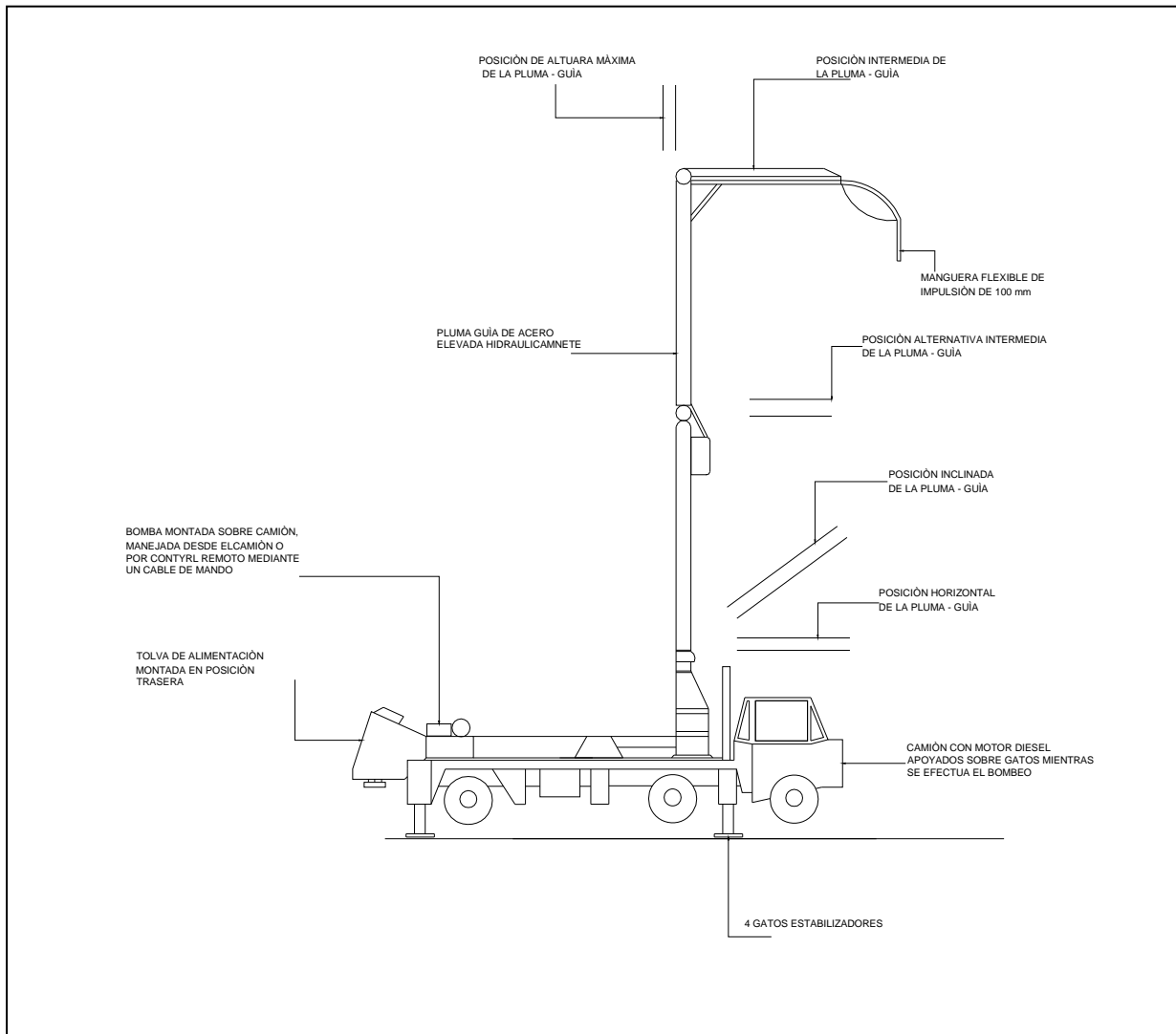
Los tubos de caída que se emplean para trasladar verticalmente el concreto son circulares, y deben tener un diámetro de por lo menos ocho veces el tamaño máximo de agregado. Un método satisfactorio para disipar la energía de caída libre, es hacer un colchón amortiguador de concreto en el extremo inferior del tubo. Se ha logrado verter concreto con buenos resultados hasta 1500m.

El método de transporte que se utilice, debe entregar eficazmente el concreto sin alterar significativamente las propiedades como, relación agua cemento, revenimiento, contenido de aire y homogeneidad. Cada método de transporte tiene ventajas y desventajas que deben revisarse cuidadosamente para lograr el método de transporte apropiado (económico y de calidad).

#### **4.4.14 Equipo de bombeo**

La definición de concreto bombeado es: concreto transportado mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles, y descargado en el área deseada. El bombeo se puede ocupar en casi todas las construcciones, pero especialmente es útil donde el espacio es limitado como en el caso de algunas edificaciones. Dependiendo del equipo, el volumen de bombeo puede fluctuar entre 8 y 70m<sup>3</sup> por hora; la distancia varía de 91 a 305 m horizontales y de 30 a 91 m verticales. En las figuras 4.11 se muestra un diagrama de un carro bomba.

Las bombas de pistón se componen de una tolva equipada con paletas mezcladoras para recibir el concreto mezclado, una válvula de entrada, una válvula de salida, un pistón y un cilindro. Las bombas neumáticas consisten básicamente, en una tolva a presión y equipo para suministrar aire comprimido. Al concreto dentro de la tolva se le aplica aire comprimido por la parte superior y éste empuja el concreto por un tubo conectado al fondo.



*Figura 4.11 Carro bomba telescópica.*

Las bombas de presión "squeeze", se componen de una tolva receptora con paletas mezcladoras, mangueras flexibles y rodillos que operan dentro del tambor metálico, al alto vacío.

Los tubos rígidos para bombeo de concreto se hacen de acero, aluminio o plástico y su tamaño varía de 8 a 20 cm de diámetro los acoplamientos entre los tubos deben soportar el manejo del sistema durante se erección, y los inconvenientes a causa de desviaciones. Deben tener resistencia por lo menos de 35 kg/cm<sup>2</sup>, y van aumentando de acuerdo con la altura. Existen diferentes accesorios dentro de ellos los siguientes:

- Secciones curvas
- Uniones espaciadores giratorios
- Válvulas de clavija y compuerta para impedir el retroflujo
- Válvulas interruptoras para dirigir la corriente
- Sistemas de conexión para llenar cimbras
- Tablillas, rodillos y otros dispositivos para proteger la tubería
- Reducciones par conectar diferentes diámetros
- Respiradores de aire
- Equipo para limpieza
- Grúas especializadas.

La bomba debe instalarse lo más cerca posible del área de colocación, y el área de entrega no debe impedir el suministro continuo del concreto. Las líneas deben de tener el mínimo de curvas y estar sostenidas firmemente. Para vaciados importantes se debe tener un equipo de reemplazo para suministro de energía y de bombeo, en caso de falla. Cuando se bombea hacia abajo debe tenerse una válvula de alivio y cuando se bombea hacia arriba, se debe tener una válvula para impedir el retroceso del concreto durante el ajuste del equipo.

#### 4.5 Proceso constructivo.

El proceso constructivo que a continuación se describe será por etapas, ya que es de este modo como se lleva a cabo esta clase de proyectos en la realidad y además facilita su comprensión. Se englobaran en 9 grupos, que a su vez envuelven a todos los elementos que componen al sistema TILT – UP partiendo desde los trabajos preliminares hasta la conclusión de la obra. Dichas etapas son las más representativas y características del sistema.

PERSONAL DE OBRA:	PUESTO	No. DE TRABAJADORES
	Superintendente	1
	Residente	1
	Sobrestante	1
	Carpintero	3
	Ferrero	3
	Albañil	10
	Colocador	10
	Pintor	3
	Peón	30
	Operador	4
	Ayudante	8
	Chofer	2

PERSONAL DE TALLER:	PUESTO	No. DE TRABAJADORES
	Sobrestante mecánico	1
	Pailero	5
	Maniobrista	1
	Ayudante	7

En los trabajos de terracerías, se realizó se un despalme de terreno natural por medios mecánicos de 30cm para retirar la capa de tierra vegetal, se hizo una excavación de 40 cm de

espesor para retirar capa de cultivo y el terreno natural se compactó para posteriormente colocar un relleno compactado de material tipo subbase en capas de 20cm .

El panel tipo más común que se utilizó es de 6.00 m de ancho x 8.40 m de alto, 0.17 m de espesor, colocando un total de 37 muros, los cuales se montaron en un lapso de 2 días. La grúa que se utilizó para el montaje de los muros es de 75 ton de capacidad máxima. La estructura horizontal se hizo a base de armaduras principales y secundarias, y como cubierta se empleó el sistema de doble lámina.

En cuanto a la resistencia de los materiales, se utilizó acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizó concreto de diferentes resistencias a la compresión:

CONCEPTO	RESISTENCIA $f'_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
Plantillas	100
Cimentaciones	200
Pisos	200
Muros	250 y 300
Columnas	250

Como se puede observar, de acuerdo con todo lo expuesto anteriormente, este es el caso típico de una construcción con el sistema tilt – up, en el que se emplearon las técnicas básicas del sistema y los elementos más característicos, lo que permitió el aprovechamiento máximo de las ventajas que este método puede ofrecer.

#### 4.5.1 Estudio de mecánica de suelos.

Un aspecto de vital importancia en todo tipo de obra son las estructuras y el suelo sobre el cual serán desplantadas. Para que estos dos factores se conjuguen de una manera satisfactoria es necesario contar con un informe de mecánica de suelos. Este estudio deberá proporcionar algunos parámetros que se requieren para poder llevar a cabo el diseño de la subestructura; tales como cimentación tipo, profundidad de desplante, presión admisible y expansión.

El sistema tilt – up no es la excepción, ya que se requiere un informe general en el que se contemple la ubicación de la zona en donde quedará asentada la obra y sus alrededores, la geomorfología y descripción del suelo, la topografía tomando en cuenta la configuración y las formaciones existentes, la clasificación del suelo según el Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS). Como parte de los resultados del estudio de mecánica de suelos debe incluirse la información y las recomendaciones pertinentes en lo relativo a los bancos de material y el equipo a emplearse en el proceso constructivo de las terracerías.

Este estudio debe realizarse basándose en las pruebas de muestras inalteradas producto de la realización de pozos a cielo abierto, muestras integrales representativas de cada uno de estos pozos y pruebas de penetración estándar.

A todas las muestras se le determina las propiedades índice mientras que a las muestras de materiales en banco se les practica ensaye de calidad y pruebas mecánicas como son: la

prueba de compresión axial no confinada, consolidación unidimensional y compresión triaxial simple.

**Los ensayos que deben de efectuarse son los siguientes:**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDAD
w	Contenido de agua	%
LI	Limite liquido	%
Lp	Limite plástico	%
Ip	Índice plástico	
Cl	Contracción lineal	%
G	Retenido en malla 4.75mm	%
A	Retenido en malla 0.075mm	%
F	Pasando en malla 0.075mm	%
Cs	Clasificación (SUCS)	
Ss	Densidad de sólidos	
$\gamma_s$	Relación de vacíos	$kg / cm^3$
e	Relación de vacíos	
$\sigma_v$	Esfuerzo vertical	$Ton / cm^2$
VRS	Valor relativo de soporte	%
c , f	Cohesión, Angulo de fricción interna	$kg / cm^2$

En el trabajo de laboratorio se realizan ciertos ensayos para la obtención de datos de importancia para las terracerías.

Algunos de estos ensayos son:

- Determinación del VRS (valor relativo de soporte).
- Prueba porter para la obtención del peso volumétrico.
- Obtención de límites de plasticidad.
- Densidad relativa.
- Expansión en el consolidómetro.
- Granulometría
- Compactación.

Con base en las pruebas, los ensayos y los trabajos de mecánica de suelos realizados en el campo y el laboratorio, se debe realizar un perfil estratigráfico del sitio en estudio, para que los diferentes estratos sean fácilmente identificados en campo.



## 4.5.2 Construcción de terracerías.

La construcción de terracerías para este tipo de edificación es mediante los métodos tradicionales; abarca el desmante, el despalme y la realización de cortes y/o terraplenes según como lo demande el terreno; de tal modo que quede plano y bien compactado. Para esto se requiere de maquinaria y equipo para lograr un trabajo de calidad, lo cual es muy importante ya que es la base para los pisos de concreto, que por lo general, es necesario que sean de alta capacidad de carga.

Por otro lado, la cimentación para este tipo de sistemas es, casi siempre, de tipo superficial, por lo que siempre se desplantan sobre un relleno de material de banco adecuado para esta función, esto es típico en gran parte del territorio Mexicano.

En la construcción de las terracerías de una obra del tipo tilt- up el ingeniero a cargo deberá guiarse por medio de planos topográficos que se plasmaran con calhidra en el terreno mediante el uso de aparatos como son el nivel óptico y el teodolito.

Entonces, se tendrá un plano de niveles de terreno natural y bancos de nivel que nos servirán como referencia para el control de los cortes y excavaciones del terreno, es decir, nos ayudara llevar una cuantificación exacta de volúmenes de tierra extraída. (ver plano)

También se contará con un plano de Planta niveles de plataforma, en este plano se dibuja la forma y dimensiones que tendrán en planta el terraplén, así como, el nivel al que deberá quedar para después desplantar los pisos. (ver anexo planos)

### • Proceso constructivo.

1. Se deben identificar los estratos que se tiene en el terreno; esto se lleva a cabo por medio de muestreos a base de pozos a cielo abierto en los que se pueda determinar la profundidad a la que se encuentra un estrato de material sano que garantice al menos una capacidad de carga entre 10 y 12  $ton/m^2$ .
2. Se realiza el despalme de la zona que se va a trabajar. Que es la extracción de la capa de materia vegetal. El espesor de esta capa puede variar de 10 a 50 cm. y llegar como máximo a un metro sise tiene un espesor fuerte de material altamente compresible.
3. De ser necesario se realiza una excavación para eliminar el ó los estratos de material que no tenga la capacidad de carga necesaria para el edificio, y a su vez, colocar un relleno o terraplén que servirá como base para los pisos de concreto.
4. Simultáneamente se hacen pruebas de laboratorio al material de los bancos propuestos a explorarse, para determinar cual de estos se empleará en el relleno o terraplén.
5. Una vez seleccionado éste, se inicia el proceso de relleno en capas de 20 cm de material suelto como máximo, que debe ser compactadas al 95% de la prueba proctor estándar, hasta alcanzar el nivel especificado en el proyecto. Estos trabajos deben ser supervisados de manera estricta para satisfacer las especificaciones de materiales y del método constructivo de terracerías.

Para lograr un procedimiento constructivo adecuado se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Mantener la humedad óptima del material.
- Homogenizar el material.
- Cuidar el espesor de las capas.

- Planear el sentido y número de pasadas con el equipo de compactación recomendado en el estudio de mecánica de suelos.
- Revisar el cumplimiento de la compactación especificada, a través de pruebas de laboratorio.

Para lograr la conservación de la plataforma desde el momento en que se termina hasta la colocación de los pisos es recomendable mantener la humedad del material, esto es; evitar la deshidratación o la saturación del material. Una forma de lograrlo es por medio de un riego de impregnación.

Para el desplante de la cimentación, además de la capacidad de carga del material, es necesario cuidar esmeradamente la estabilidad volumétrica del suelo, para evitar problemas de asentamientos diferenciales provocados por la contracción o expansión del material.

La estabilidad volumétrica también es muy importante para los pisos, ya que estos son de concreto hidráulico y requieren de una base firme con las mínimas deformaciones.

Una parte importante que no se debe olvidar antes de dar inicio a los trabajos propios de la construcción, es establecer una de acceso y darle las condiciones para adecuarlo como camino, con el fin de darle un lugar a los materiales que se van a utilizar durante toda la obra, es necesario ubicar las zonas adecuadas en las que se colocará el almacén para los materiales mencionados y la caseta para la dirección de la obra. Lo anterior debe planearse estratégicamente de acuerdo a las prioridades y secuencia del proceso constructivo para evitar contratiempos y alteraciones en el programa de obra.

### 4.5.3 construcción de cimentaciones.

Una vez concluido el procedimiento del movimiento de tierras, en el cual el terreno queda al nivel especificado en proyecto, se da inicio a la construcción de la cimentación. El tipo de cimentación que se utiliza para el sistema tilt-up suele ser muy sencillo, ya que la estructura de carga son los muros y columnas, para lo que únicamente se necesitan zapatas corridas para los muros y zapatas aisladas para las columnas.

- **Generalidades de las cimentaciones.**

Para llevar a cabo el diseño de la cimentación, se realiza un cálculo rápido de modo preliminar y empírico, en el cual interviene el peso de los muros, el peso de la estructura metálica y la capacidad de carga del suelo. Este cálculo permite determinar el ancho de las zapatas corridas sobre las que se desplantarán los muros.

En el diseño preliminar de las cimentaciones se hace la bajada de cargas que actúan sobre la cimentación. Con lo anterior se hace una distribución de las cargas de acuerdo al área tributaria de cada muro. La carga se determina en toneladas por cada metro lineal, se suma el peso del propio muro y se divide entre la capacidad de carga del suelo que proporciona el estudio de mecánica de suelos y que esta dada en toneladas por metro cuadrado; esto da como resultado el ancho de la zapata corrida, que por lo general tiene un peralte de 30 cm. En este cálculo falta considerar el peso de la propia zapata, por lo que es necesario hacer una revisión agregando el peso propio de la zapata de acuerdo al valor obtenido anteriormente.

Esquemáticamente se tiene:

$$(P.E. + P.M) / q = X_1$$

Y la revisión queda:

$$(P.E. + P.M + P.Z.) / q = X_2$$

Donde:

P.E.: Peso de la estructura de acuerdo al área tributaria  
Por metro lineal (ton/m).

P.M.: Peso del muro por metro lineal (ton/m).

P.Z.: Peso de la zapata basado en  $X_1$  (ton/m).

$X_1$  : Ancho de la zapata sin considerar su peso propio (m).

$X_2$  : Ancho de la zapata considerando su peso propio (m).

q : Capacidad de carga del suelo (ton/m<sup>2</sup>).

El cálculo para el diseño de zapatas aisladas es todavía más sencillo; en base al área tributaria se determina la carga que baja por la columna, la cual se divide entre la capacidad de carga del suelo, obteniendo así el área de la zapata.

Con el fin de que todo lo anterior quede totalmente claro, se presenta a continuación un ejemplo.

Se tiene un muro tipo A3 ubicado en el eje de control "A", las dimensiones del muro son:

Altura = 9.20 m

Ancho = 5.17 m

Espesor = 0.17 m

Como el muro soporta únicamente como carga vertical el peso de la cubierta se le asigna una área tributaria de un metro de ancho.

Y considerando una capacidad de carga del suelo de 10 ton/m<sup>2</sup> y un peso volumétrico del concreto de 2.4 ton/m<sup>3</sup>.

La carga viva más la carga muerta es de 130 kg/m<sup>2</sup>, se tiene lo siguiente:

La carga que la estructura le transmite al muro por metro lineal es:

$$P.E. = [ ((105.00)(130)) / 1000 ] / 5.17 = 2.84 \text{ ton/m}$$

El peso del muro es:

$$P.M. = (9.20)(1.00)(0.17)(2.40) = 3.75 \text{ ton/m}$$

Calculando el ancho de zapata.

$$X_1 = (3.75 + 2.84)/10.00 = 0.66 \text{ m}$$

Considerando ahora el peso propio de la zapata, suponiendo que esta tiene un ancho de 1 m, la revisión queda:

$$(1.00)(0.30)(2.4) = 0.72 \text{ ton/m}$$

El ancho de la zapata queda determinado por:

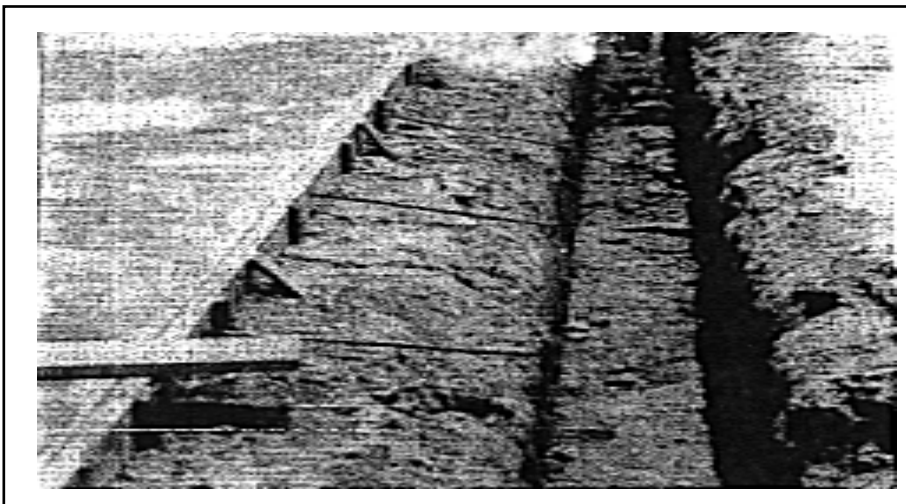
$$X_2 = (3.75 + 2.84 + 0.72)/10.00 = 0.73 \text{ m} \cong 1.00 \text{ m}$$

*Por lo tanto el ancho de la zapata sería de 1.00 m.*

Una vez terminado el diseño de las cimentaciones se procede a la elaboración de los planos de cimentación, que el personal de obra utilizara como guía para la correcta construcción de las cimentaciones. A continuación se muestran los planos básicos que se utilizan para la construcción de estos elementos como son: Planta de cimentación y detalles de cimentación.

- **Proceso constructivo.**

Esta etapa da inicio mediante la realización del trazo de la cimentación sobre la terracería, con auxilio del equipo topográfico correspondiente; que puede ser un tránsito y una cinta, o un equipo más moderno como los equipos láser o equipos que cuentan con dispositivos electrónicos *ver figura 4.13*. En estos trazos se definen los diferentes anchos de las zapatas de acuerdo al diseño, posteriormente se realizara la excavación *ver figura 4.12*; es conveniente que esta se lleve a cabo mediante una retroexcavadora y al paso de esta se coloque a una cuadrilla de trabajadores para afinar el fondo y las paredes de la misma, ya que para colar la cimentación no es necesario cimbrar, puesto que se cuela contra las paredes de la excavación; esto simplifica mucho el proceso constructivo de esta etapa. Una vez terminado este proceso, se cuelan las plantillas de concreto de cinco centímetros de espesor de  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia. Con el fin de reducir los tiempos mientras se realizan las actividades antes mencionadas, una cuadrilla se dedica a habilitar el armado de las zapatas, de este modo, al terminar de colar las plantillas solamente se introduce el acero de refuerzo y se cuelan las zapatas. Como en todo colado, es importante un buen vibrado del concreto para evitar oquedades (*ver plano de detalles de cimentaciones en anexo*)



*Figura. 4.12  
Excavación  
típica para una  
zapata corrida.*



*Figura. 4.13 Trazo típico de eies de control en obra.*

Un aspecto importante y característico del sistema tilt – up en su cimentación son las preparaciones que es necesario hacer y colocar para que una vez que los muros sean montados en su lugar definitivo se fijen a la cimentación. Para esta tarea se tienen varias opciones, como la colocación de placas tanto en la cimentación como en los muros para ser unidos mediante un ángulo que se suelda a ambas placas o colocar varillas que queden ahogadas en la cimentación y dejando preparaciones en los muros que permitan la conexión de los mismos con dichas varillas, o cualquier otro sistema con el que se logre una conexión eficiente entre muros y cimentación (*ver plano de detalles de cimentaciones*).

Otro punto de consideración es que en el acero de refuerzo de las zapatas aisladas se deben colocar cuatro anclas con cuerda que quedan embebidas en el concreto, con la finalidad de recibir a la columna, ya que esta cuenta con una placa con orificios en la parte inferior en los que entran dichas anclas. Para su colocación es necesario hacer una plantilla de triplay con las dimensiones de la placa y con los orificios en la posición correcta para usarlo como guía y que las anclas queden en la posición correcta, evitando así problemas al momento del montaje. Para la fijación de dichas anclas, antes de llevar a cabo el colado. Es necesario verificar la posición correcta de la plantilla de triplay en relación con el trazo general de toda la nave, por medio de tránsito y cinta.

Como se puede observar, toda la cimentación es un proceso muy sencillo que inclusive, se realiza en muy poco tiempo y con la calidad requerida.

El sistema tilt – up tiene la ventaja de manejar muros de carga, por lo que no es necesario tener columnas en el perímetro; esto da como resultado que la cimentación tenga zapatas corridas para los muros en todo el perímetro de la nave y las zapatas aisladas en el interior de esta de acuerdo al arreglo de las columnas que se requieran.

#### 4.5.4 Construcción de pisos.

En todo tipo de nave industrial los pisos forman parte del conjunto que integran los aspectos más importantes dentro de los procesos constructivos, debido a su utilidad en la etapa de operación de la nave.

- **Generalidades de los pisos industriales.**

Los pisos en el sistema tilt –up no solo son importantes por la funcionalidad que tendrá durante la operación, ya que a parte de trabajar estructuralmente y ser de gran capacidad de carga, servirá como base (cimbra) para el colado de los muros.

Para que este objetivo se cumpla exitosamente, es necesario tener ciertos cuidados durante la construcción, ya que la apariencia de los muros una vez colocados en su posición definitiva, depende en gran medida de un piso bien realizado que cuente con las características que deben tener los pisos para que sea posible construir los muros de concreto de manera horizontal utilizando como cimbra para una de las caras del muro al piso mismo, se tiene lo siguiente:

El piso tiene que estar perfectamente nivelado, tiene que resistir la carga que le transmitan los muros cuando estos son colocados sobre el y además se debe dar un terminado pulido, para que al colocar el muro, la cara que da en contacto con el piso, tenga el mismo tipo de acabado.

Generalmente las áreas que se tiene de pisos de concreto son grandes, por lo que es imposible colar el piso completo como una sola pieza, además de no ser práctico, causaría problemas de agrietamiento, por tal motivo se divide en franjas de colado.

En los pisos de concreto hidráulico para naves industriales frecuentemente se forman grietas, sin embargo se puede tener un control a base de una programación de dichas grietas, es decir, el concreto se corta en donde se presupone que esta se agrietara. Tanto a los cortes programados como a las uniones entre las franjas de colado se les conoce con el nombre de juntas. Las juntas son de tres tipos: **Construcción, Contracción y Expansión** (ver figura 4.14).

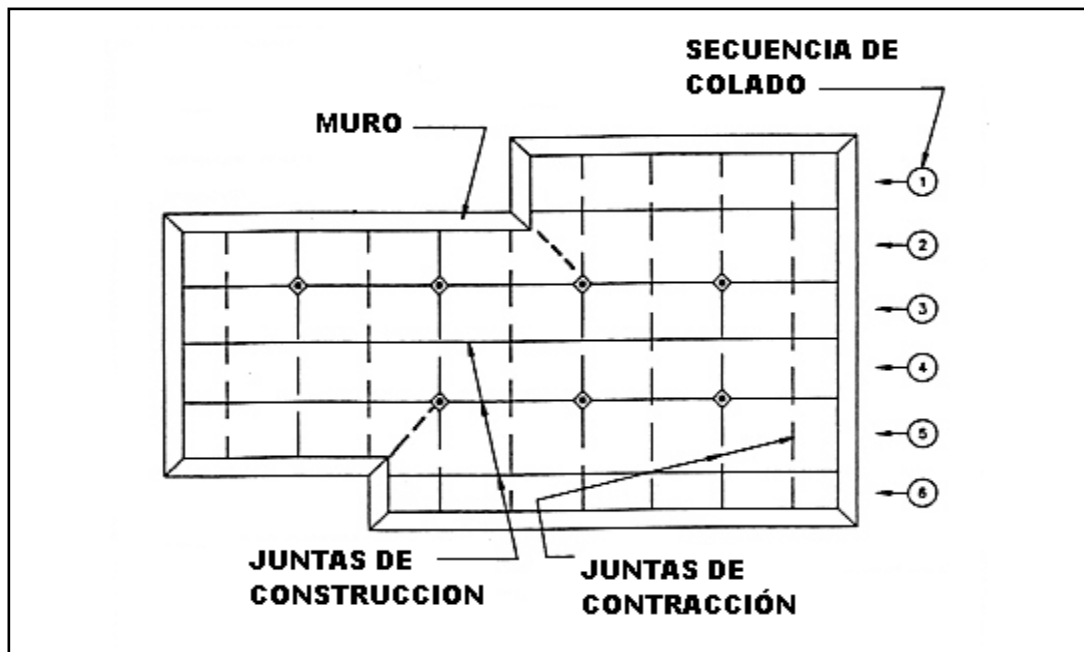


Figura. 4.14 Trazo típico de juntas para pisos.

Como ya se menciona, las juntas de construcción son las uniones entre las franjas de colado de pisos. Las juntas de contracción son los cortes que se programan en el concreto y, las juntas de expansión son aquellas en que el piso queda totalmente desligado con un espaciamiento de 1 ó 1.5 cm, y se realizan cuando el área de pisos es muy grande, cuando se requiere una zona especial, esto es, que sea necesario que una parte del piso trabaje por separado, y entre todas las estructuras y elementos, tales como depósitos, registros, etc., que se proyecten a través, dentro o contra el pavimento de concreto (*ver plano de detalles de pisos en anexos*).

- **Diseño:**

El primer paso en el diseño de losas de piso es determinar o seleccionar el tipo de construcción y en base a esto considerando las necesidades que se tengan en cada caso, se buscarán las características con las que deberá contar el piso, como son: Espesor, refuerzo, espaciamiento entre juntas y algunos otros detalles.

Existen algunos tipos de losas comúnmente usados para pisos de naves industriales según sean las necesidades:

- 1. Losas de piso de concreto simple.**

Este tipo de piso no lleva refuerzo en toda el área, únicamente se colocan refuerzos de acero en las juntas, llamados pasa juntas. Deben colocarse relativamente cercanos entre sí, y su función es impedir los desplazamientos verticales entre las losas además de contribuir a transmitir los esfuerzos cortantes que se generen de una losa a otra.

- 2. Losas de piso de concreto reforzado por temperatura.**

En este caso se tienen losas de concreto que si llevan refuerzo para contrarrestar las contracciones provocadas por los cambios de temperatura. El refuerzo debe ser colocado en la mitad del espesor de la losa. Para el refuerzo de este se puede usar malla electrosoldada.

- 3. Losas de piso de concreto armado.**

Este tipo de losa lleva un refuerzo de mayor consideración, se utiliza para darle mayor capacidad de carga a los pisos. Se refuerza con varilla corrugada de diferentes diámetros.

Así, podemos encontrar varios tipos de losas más y aunque cualquiera de estas se puede utilizar, es necesario que primeramente se defina el tipo de uso que se le va a dar a la losa para poder establecer o diseñar tanto el espesor como el refuerzo y determinar la resistencia del concreto; por lo general este tipo de pisos se construyen con una resistencia de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

En el diseño de pisos se puede encontrar varios métodos para satisfacer las necesidades que se tengan. Estos métodos se basan en diversos reglamentos y criterios de acuerdo a las condiciones del lugar en estudio. Existen diferentes aspectos o puntos de partida para el diseño de los pisos, ocasionalmente, en este sistema el aspecto que rige es el peso de la grúa cuando se encuentran montando los paneles, pero también pueden ser las funciones que tendrá la losa, cuando la nave este en operación, tales como: Los ejes de las ruedas de los equipos montacargas, los muebles o racks, capacidad de carga uniformemente repartida y capacidad de carga para las columnas o muros. Debido al gran campo que abarca este tema, aquí solamente se presenta uno de los varios métodos existentes, dado por la PCA (Portlan Cement Asociación) que considera un factor determinante a los ejes de las ruedas de los equipos montacargas que se pretendan utilizar pisos. Para poder llevar a cabo el diseño se requieren algunos valores que provienen de especificados y otros referentes a los materiales, al sitio y al diseñador. Algunos de estos datos son:

### Para el vehículo:

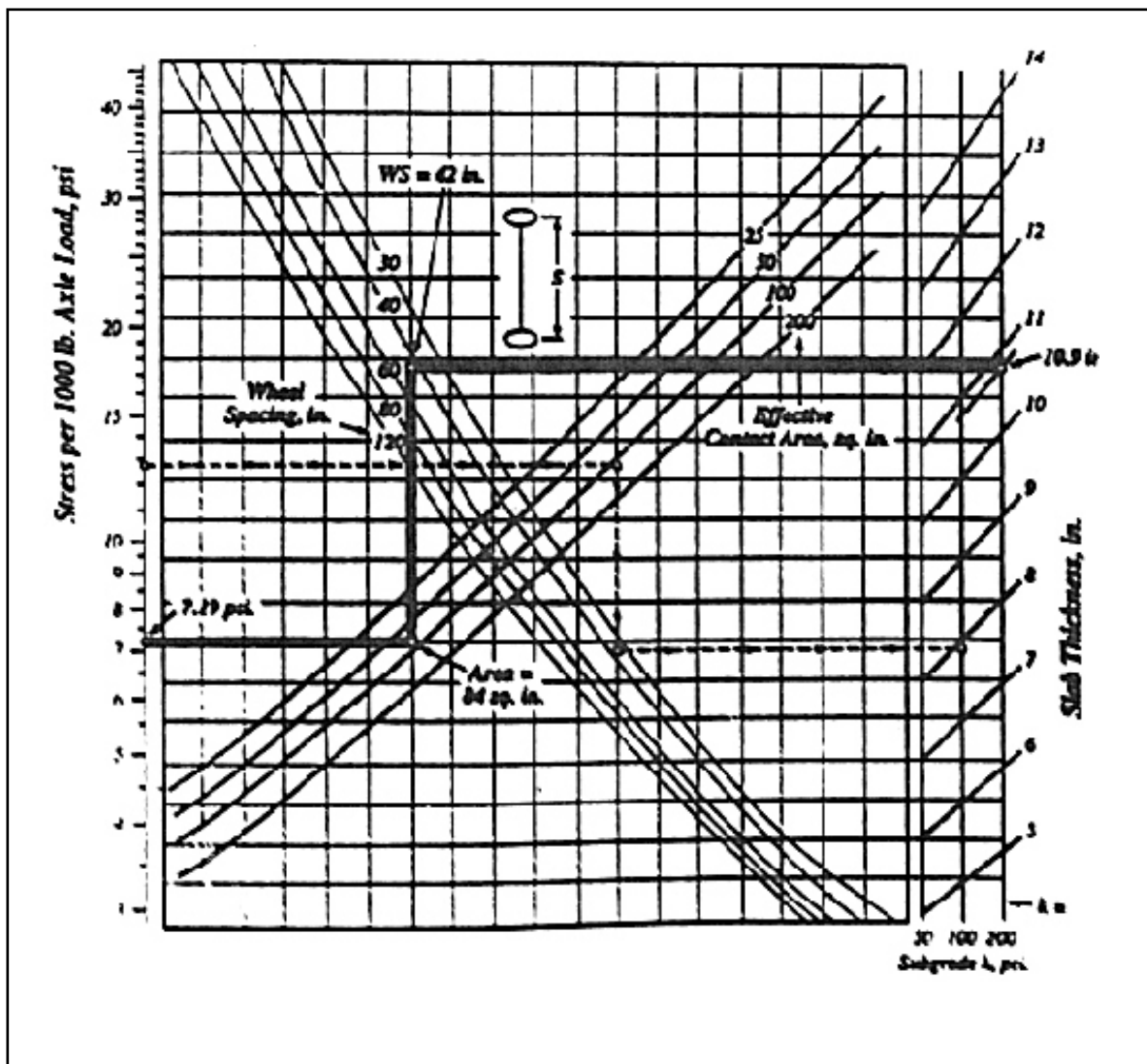
- Peso del vehículo.
- Capacidad de carga del vehículo.
- Carga total en el eje de las llantas del vehículo.
- Número de llantas por eje.
- Tipo de llanta (sólida o neumática).
- Ancho y presión de las llantas.
- Área de contacto de las llantas.
- Espaciamiento entre ruedas.

### Para el sitio y los materiales:

- Resistencia a la compresión del concreto.
- Modulo de ruptura del concreto.
- Valor relativo de soporte de la base o subbase que se utilice.

En el diseño se debe verificar la capacidad de la losa de piso para resistir el momento producido por el eje de carga del vehículo. Este tipo de carga provoca tensión en la parte baja de la parte baja de la losa bajo la rueda del vehículo que presenta más peso, aunque por lo general el peso de las ruedas de un mismo eje es igual.

Con las especificaciones y los datos técnicos antes mencionados se recurre a unas gráficas para llevar a cabo el diseño de los pisos:

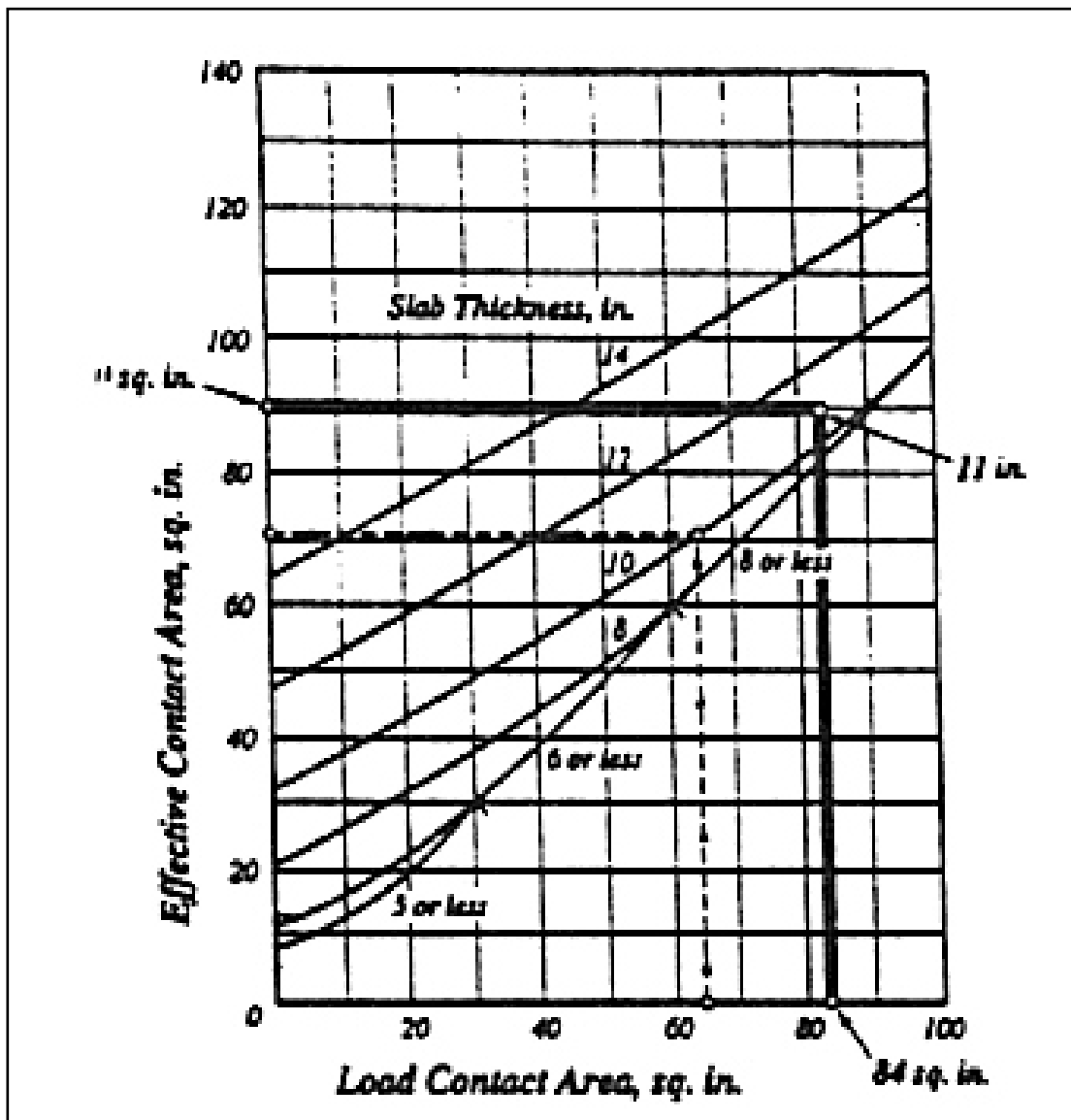


Grafica.1 Para determinar el espesor de la losa de piso.



Primeramente, para determinar el espesor de la losa de piso se usa la grafica 1 mediante el siguiente procedimiento:

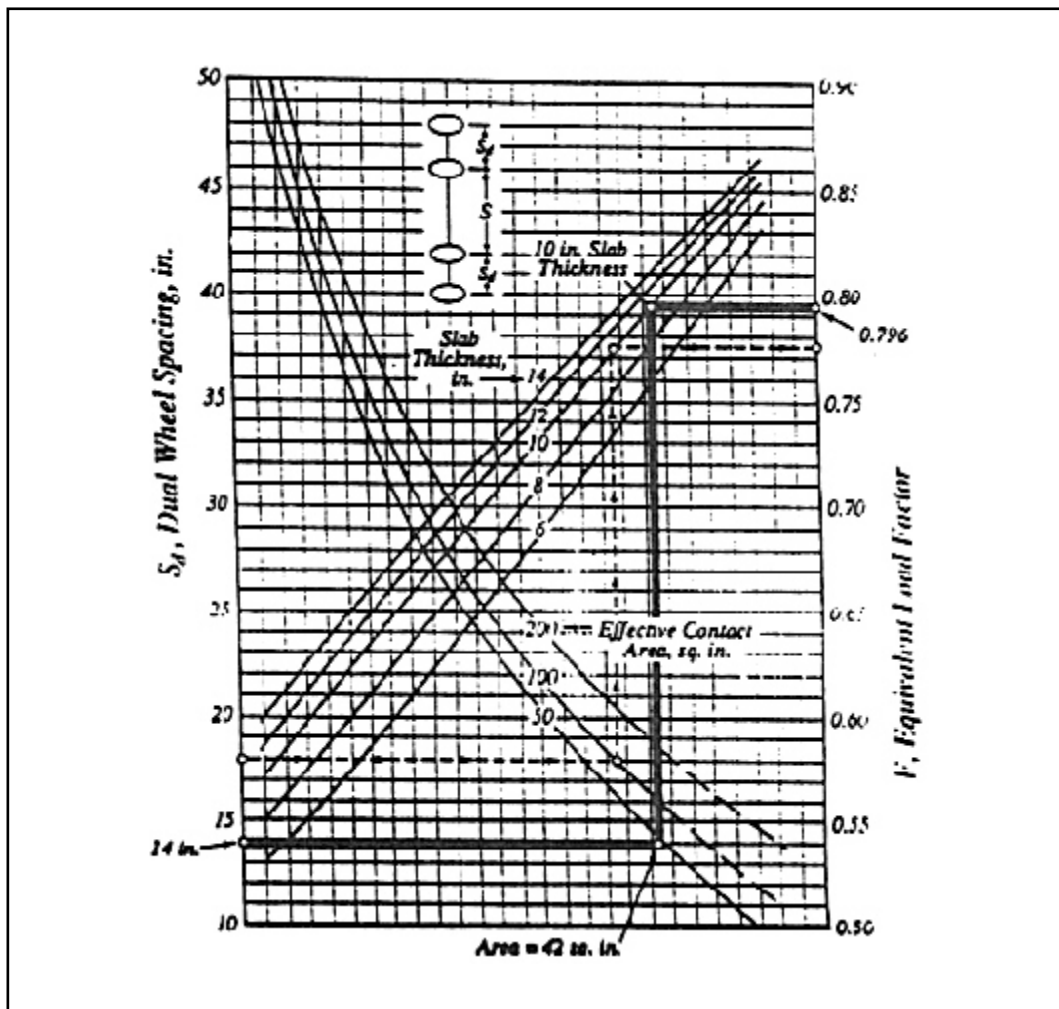
Se determina la resistencia del concreto a usarse ( $f'_c$ ), se calcula el módulo de ruptura, para lo que se puede emplear la expresión:  $(2.4\sqrt{f'_c})$ . Posteriormente se determina el esfuerzo permisible, el cual esta dado por el modulo de ruptura entre el factor de seguridad elegido. Este último valor se divide entre el valor de la carga por eje, para que con este nuevo dato se ingrese a la figura 1. Después se lleva acabo el procedimiento mostrado en la gráfica, obteniendo así el espesor de la losa de concreto. De la gráfica se observa que es necesario contar con el área de contacto de las llantas y con el espaciamiento entre ellas. El valor que se obtiene directamente de la tabla es relativamente conservador, por tal motivo se puede recurrir al uso de una segunda gráfica, con la que se determina el área efectiva de contacto de las llantas y con esto reducir un poco el espesor de la losa.



Grafica.2 Para determinar el área efectiva de contacto de las llantas.

Si se tiene un eje con doble rueda en cada extremo del mismo, se requiere de un factor de corrección (de reducción), el cual se obtiene de la grafica 3; con este valor se reduce otro poco el

espesor de la losa, debido a que se incrementa el área de contacto, lo que provoca una reducción de los esfuerzos. Sin embargo en naves industriales no es común el uso de montacargas con ejes de doble rueda en cada extremo por lo que se diseña sin estar sin esta última reducción.



Grafica.3 Para determinar el factor de reducción por doble eje.

En cada una de las graficas se muestra la ruta a seguir durante el diseño. Cabe mencionar que este es solo uno de los métodos que se pueden utilizar para el diseño de losas de pisos, existen algunos otros de gran aceptación.

Otro aspecto importante a determinar es el espaciamiento entre las juntas. De acuerdo con el método de la PCA, éste se determina mediante una sencilla regla que se basa en el espesor del piso; la regla es la siguiente:

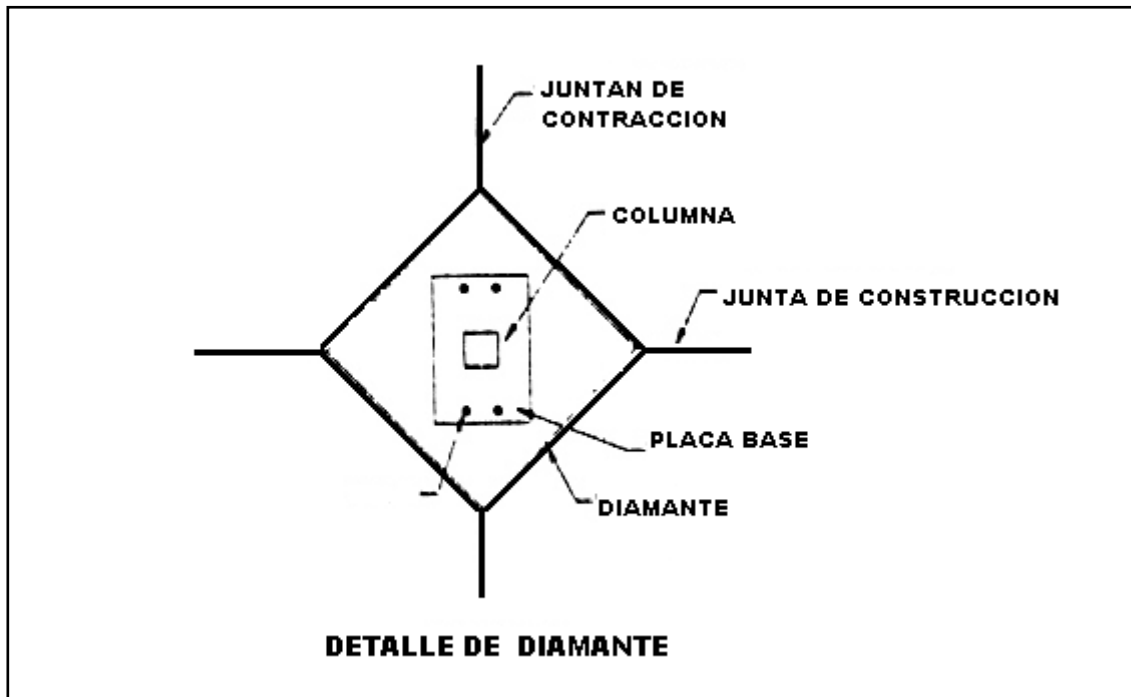
De 2 a 2.5 veces el espesor del piso en pulgadas (in) es igual al espaciamiento entre las juntas pero en pies (ft). Este rango de valores que va de 2 a 3 veces el espesor del piso es para modular el número de juntas en toda la longitud que tenga el piso.

Analíticamente se tiene:

$2\phi \geq 3 \times (\text{espesor piso}) = \text{espaciamiento entre juntas}$

Donde :        :        espesor de piso   (in)  
                  :        espaciamiento     (ft)

En la modulación de las juntas también intervienen los ejes de las columnas; las juntas de colado o de contracción deben coincidir con estos ejes. Esto es porque para las columnas se deja un hueco sobre la cimentación sin colar, conocido como "diamante", por que es ahí donde el concreto tiende a romper (ver figura 4.15).



*Figura 4.15 Detalle de diamante en columnas con sus juntas correspondientes.*

- **Proceso constructivo.**

El proceso constructivo de los pisos tiene algunos aspectos en los que se debe tener especial cuidado para que estos cumplan con las especificaciones de proyecto.

Como punto de partida es muy importante verificar que en la realización de la construcción de las terracerías se haya cumplido con los niveles especificados de proyecto, ya que de esto depende que se tenga un proceso rápido y libre de contratiempos durante la ejecución de los trabajos de trazo y nivelación de la cimbra para los pisos.

Algunas edificaciones de este tipo, de acuerdo al uso para el que estén destinadas, requieren de instalaciones subterráneas dentro del área de la nave, tales como drenajes, sistemas de tierras, instalaciones hidráulicas o instalaciones especiales. En estos casos, antes de colar los pisos, es necesario colocarlas y realizar los trabajos en base a las especificaciones establecidas de relleno y compactación para que sobre estas se puedan colocar las losas de piso.

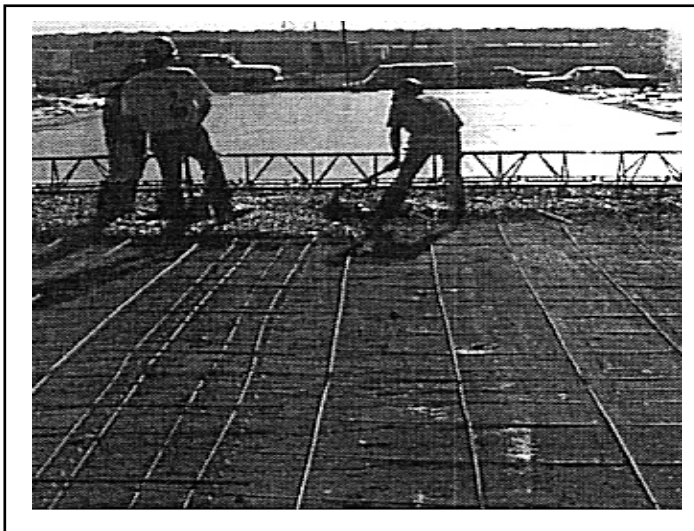
Una vez concluido los trabajos para instalaciones subterráneas y habiendo fraguado el concreto de la cimentación, se puede dar inicio a la construcción de los pisos, aunque no es necesario haber concluido la cimentación en su totalidad para comenzar con este proceso, es

conveniente iniciar los pisos conforme se van liberando los tramos de la cimentación que se requieren para colocar la cimbra.

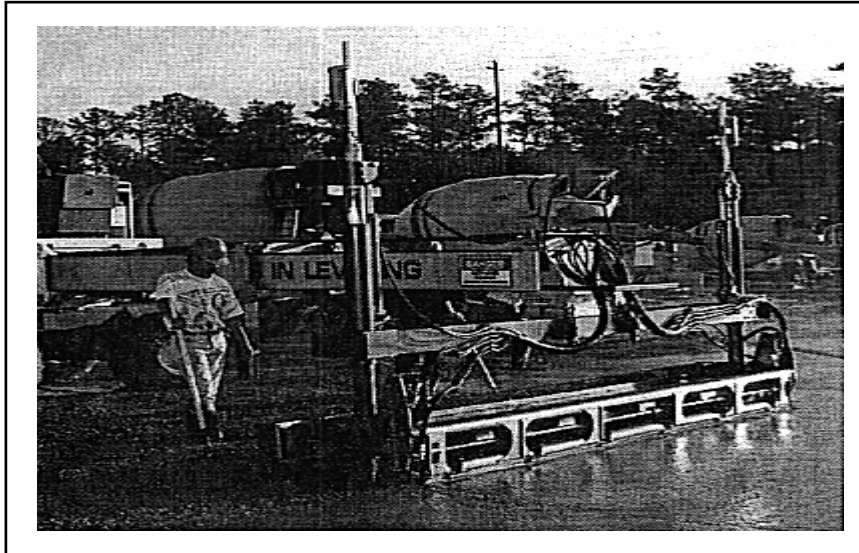
De acuerdo a la distribución que tendrá la nave dentro del terreno y con el método antes mencionado se determina la separación de las juntas, estas pueden ser juntas de construcción o juntas de contracción o de plano debilitado (ranura falsa o corte) de esta manera quedan definidas las franjas de colado. En base a esto, en el sentido longitudinal se puede tener para puras juntas de colado, o bien, intercaladas las juntas de construcción (colado) con las juntas de contracción (corte). En el sentido transversal a las franjas de colado, el piso se corta para formar el plano debilitado de acuerdo a la modulación que se obtenga a partir de las dimensiones de la nave (*ver plano planta de cimentación en anexos*).

Para cada franja de colado se debe colocar la cimbra realizando el trazo correspondiente con el tránsito y con una guía para ubicar el nivel al que debe quedar. Una vez que esta se encuentra colocada se verifica el nivel a lo largo de toda la franja por medio de equipo, ya sea óptico o láser. Esto es con el fin de evitar al máximo posibles ondulaciones o desniveles en el piso. La cimbra para los pisos puede ser de madera, pero es preferible que sea metálica, ya que se puede utilizar un mayor número de ocasiones.

El siguiente paso es el vaciado del concreto, el cual se hace directamente de la olla revoladora. En cada franja de colado se va colocando el refuerzo que queda definido desde el proyecto (en caso de ser necesario), y conforme se va vaciando el concreto se tiene que dar el vibrado necesario e ir pasando la regla. En este proceso se puede utilizar una regla vibratoria que se apoya en la misma cimbra y se va desplazando para dar el nivel al concreto; posteriormente entra una regla manual que retira el exceso o hace evidente las zonas en las zonas en las que hace falta concreto. Por último, pasa una cuadrilla de dos o tres trabajadores afinando y dando el detalle de las orillas del colado (*ver figuras 4.16 a y 4.16b*).

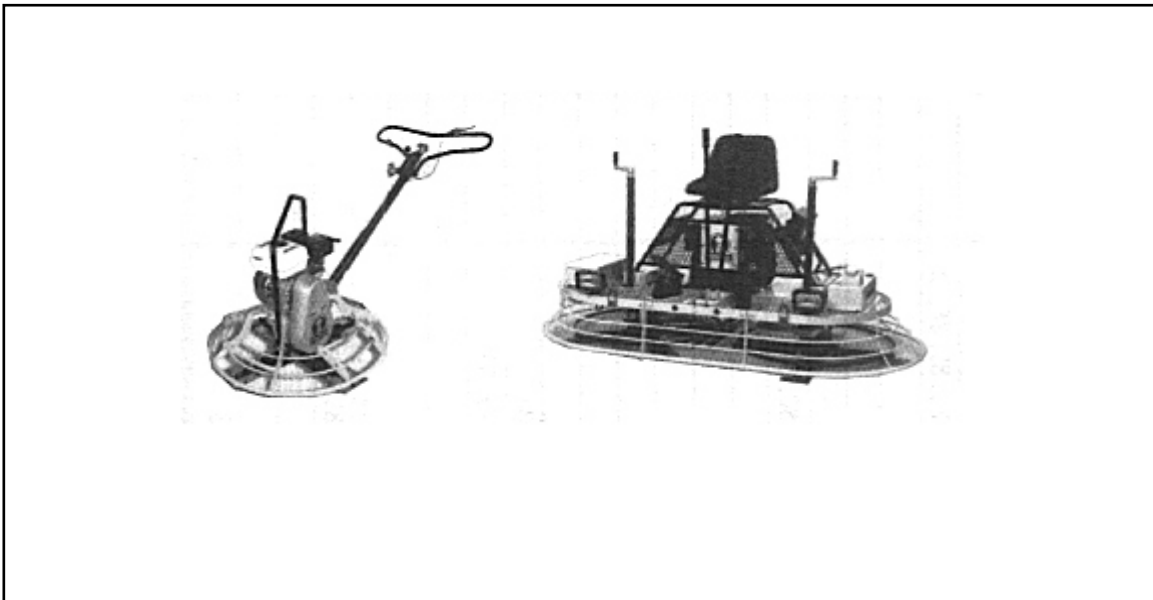


*Figura 4.16 a  
Tendido y  
vibrado de  
concreto en  
pisos con regla  
vibratoria.*

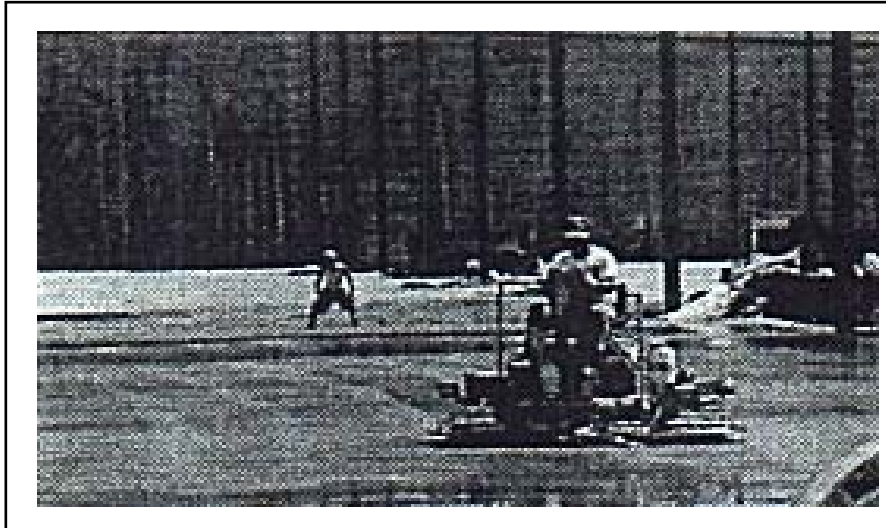


*Figura 4 .16b Tendido y vibrado de concreto con regla laser.*

Durante el proceso de fraguado se introduce el primer equipo para pulir, este es una allanadora sencilla y ligera que con unas aspas que giran por la acción de un motor a gasolina empieza a dar el acabado pulido al piso. Por lo general esta parte del proceso da inicio dos horas después de que se coló la primera parte de la losa. Conforme se va dando el fraguado del concreto y va adquiriendo dureza y resistencia se introduce un equipo de allanadora doble, con la que se da el acabado final (ver figuras 4.17 y 4.18). El tiempo que se lleva esta actividad esta íntimamente ligado con el tiempo de fraguado del concreto.

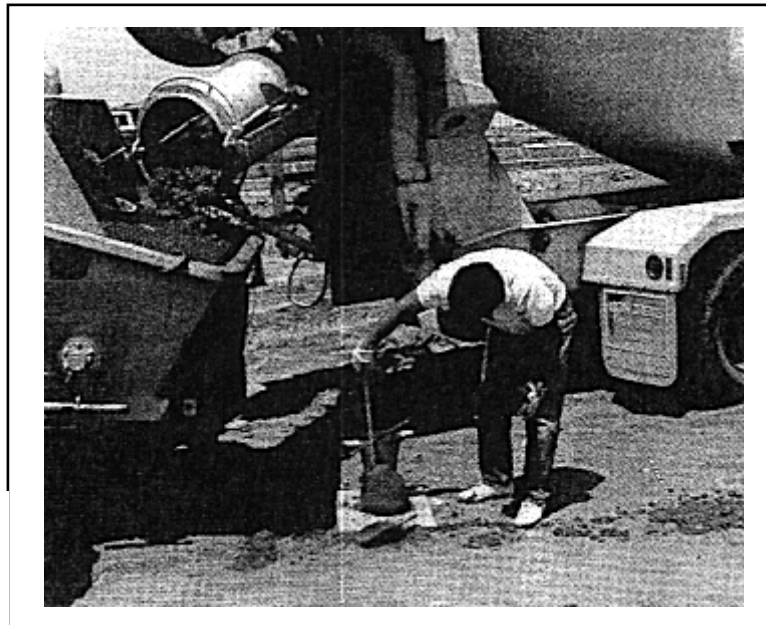


*Figura 4 .17 Allanadora mecánicas sencilla v doble.*



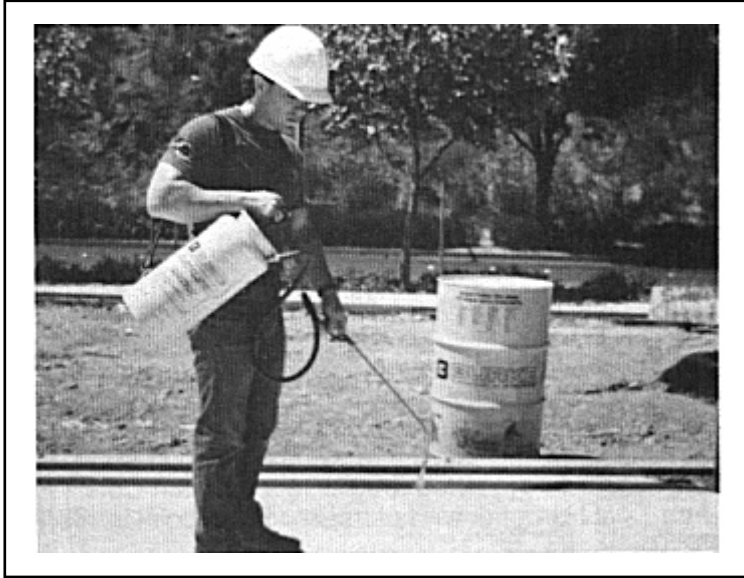
*Figura 4 .18  
Pulido de pisos  
con allanadora  
mecánica doble.*

El control de la calidad de los trabajos de piso es muy importante y a la vez muy sencillo; se resume a la correcta colocación de la cimbra y a las pruebas de laboratorio necesarias del concreto empleado durante el proceso. Se deben extraer muestras del concreto cuando la olla o camión revolvedora esta vaciando, con el fin de determinar el revenimiento del concreto y hacer cilindros de prueba , los cuales se someterán a las pruebas de carga correspondientes según las Normas Oficiales Mexicanas NOM C159 y NOM C83, a los 14 y lo 28 días (*ver figura 4.19*).



*Figura 4 .19  
Muestreo de  
mezclas.*

Cundo el piso se termina de colar y pulir, será necesario curarlo y cortarlo. El curado se hará utilizando una sustancia liquida que se aplicara por medio de aspersores sobre la superficie del piso (*ver figura 4.20a y 4.20b*),quedando sobre la misma una membrana que hará las veces de capa para evitar la fuga de humedad en el piso, posteriormente se colocara sobre el mismo piso una cubierta de poliuretano o hule que además de impedir la deshidratación del concreto lo cubrirá contra el viento y las heladas, todo esto para evitar la contracción del material y eliminar en lo posible el agrietamiento del piso. Inmediatamente se procede a cortar el piso utilizando una cortadora del tipo *soff – cut* (*ver figura 4.21*), la profundidad de corte será de 3cm, esto como ya se menciona anteriormente para provocar la grieta y que esta misma se desvanezca dentro del mismo corte (*ver figura 4.22a y 4.22b*).



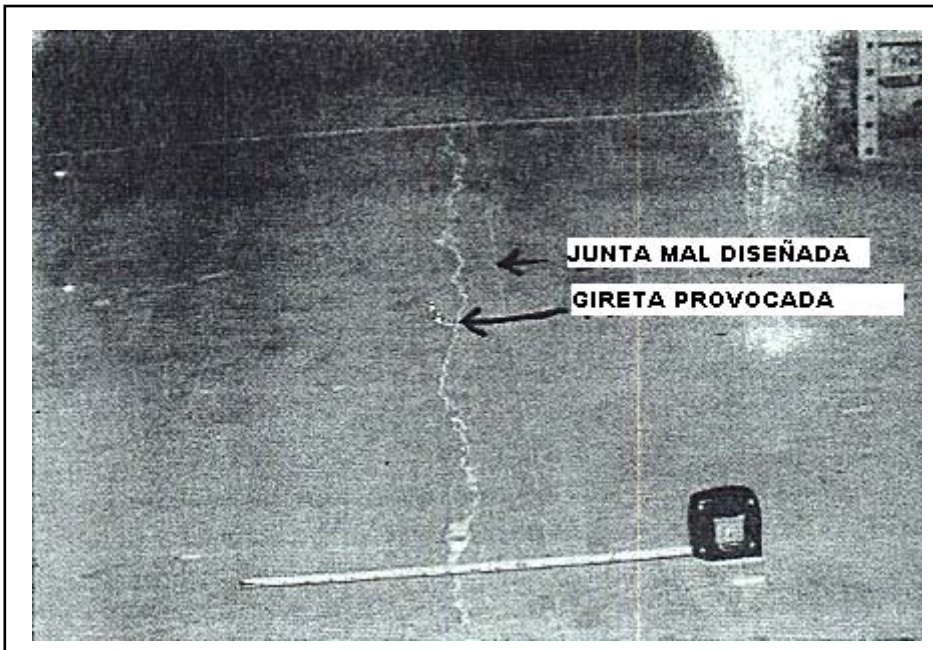
*Figura 4.20a  
Aplicación de  
sustancia de  
curado.*



*Figura 4.20b  
Colocación de  
cubierta de  
protección y  
curado.*

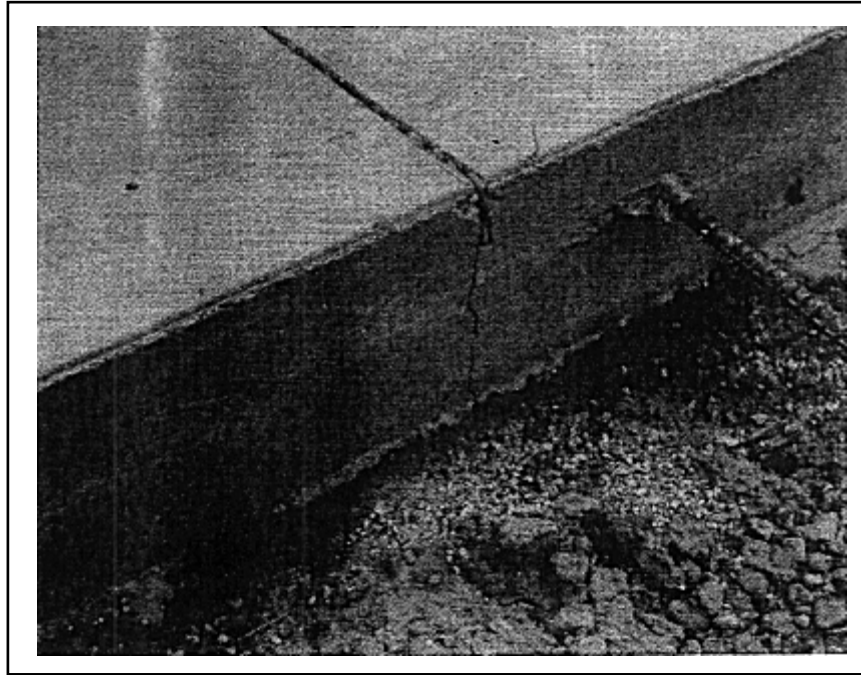


*Figura 4.21 Corte de piso.*



*Figura 4.22a  
Ejemplo de  
junta mal  
diseñada.*





*Figura 4.22b Ejemplo de grieta provocada por corte.*

El piso visto en planta y sus detalles quedarían de la siguiente manera:

Todas las juntas que quedan en el piso se rellenan con un material plástico que funciona como sellador tapando las hendidura, exceptuando las juntas de expansión, en las que se coloca otro tipo de material a base de neopreno que aísla totalmente a las dos piezas de concreto que quedan contiguas, esto es con el fin de que estas dos piezas trabajen por separado. El sello plástico se aplica en la etapa de finalización de la obra para que este pueda secar y no se levante o se deteriore durante la conclusión o la limpieza de la misma. Primeramente se limpian las juntas perfectamente, para posteriormente aplicar el sellador. Esto trae a consecuencia otra actividad en la obra; para poder colar los muros y que estos no queden marcados por las juntas, es necesario rellenarlas con yeso, para que el muro quede totalmente liso; una vez levantados los muros se retira el yeso.

El diseño de pisos no es exclusivo del sistema Tilt –up, de hecho, se puede aplicar cualquier método de diseño, la única condición para que el piso sirva como parte del sistema es que se le dé un acabado pulido a llana y quede perfectamente nivelado.

#### **4.5.5 Fabricación de muros Tilt –up.**

Durante los subcapítulos anteriores se han mencionado algunas características de los muros del sistema tilt – up, que como se puede observar, son el punto central y característico que define al sistema. En este subcapítulo se hablara sobre el proceso constructivo y las consideraciones que deben tenerse en cuenta desde el cimbrado hasta el montaje y colocación de los muros.

- **Proceso constructivo.**

El procedimiento constructivo de los muros da inicio desde la conclusión de los pisos, debido a que, como ya se comentó, el objetivo principal del acabado pulido en el piso es el de dar al muro el mismo acabado por ambas caras. A medida que se van liberando tramos del piso se da inicio a el trazo y a la colocación de la cimbra, pero no es nada más colocar cimbra sin importar la posición, hay toda una gama de elementos a considerar para determinar la posición de cada muro. Durante la etapa de proyecto se define dicha posición, la cual esta íntimamente ligada con la modulación de los muros, de tal manera que la posición de colado de cada muro debe lo

más cercano posible a su posición final, es decir, a la posición que tendrá una vez que sea colocado verticalmente, para que la grúa que realice el montaje, desde una sola posición enganche al muro, lo levante y lo coloque en su lugar definitivo sin que se presente la necesidad de caminar o desplazarse, esto se traduce a que el brazo de la grúa en combinación con su capacidad debe realizar toda la maniobra de colocación del muro, una vez colocado este, la grúa se acerca y se acomoda para la colocación del siguiente muro, y así sucesivamente.

No todos los muros pueden quedar exactamente enfrente de su posición final, ya que esto traería problemas en las esquinas, por que los últimos dos muros de cada extremo quedarían traslapados con los de los lados perpendiculares. Esta situación es evidente, ya que si tratamos de imaginar a todos los muros puestos en el piso no cabrían enfrente de su posición final, lo que da como resultado que algunos muros se tengan que ubicar hacia el centro de la nave, o sacándolos de su posición en el perímetro del área de piso en donde se habilitaran plantillas de desplante.

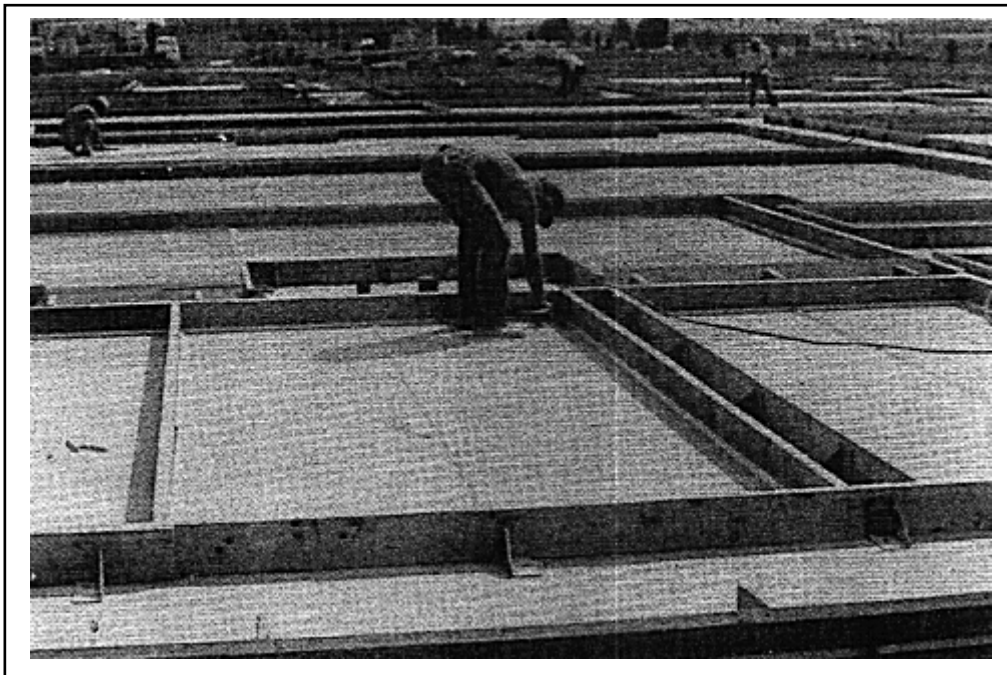
También debe contemplarse al definir la posición de colado de los muros es la ruta que seguirá la grúa durante el montaje, tomando en cuenta el inicio o entrada de la grúa y la salida con la colocación de los últimos muros.

Por otro lado es de gran importancia observar que cuando no se tenga una gran extensión de piso y que el predio donde se este construyendo sea también poco extenso, los muros se podrán colocarse uno sobre otro como en estiba, y que se coloquen siguiendo la secuencia de montaje, esto es, que el muro que se monte primero deberá de ser colocado en la parte superior de la de la estiba de muros y por ende el ultimo en montarse será el que se cuele sobre el piso o parte más baja del colado, generalmente las estibas serán de un mismo tipo de muros y el numero de muros estibados dependerá de un diseño especial el cual nos dará el orden y el número de muros por estiba en función de su resistencia a la compresión.

Todo lo expuesto anteriormente esta concentrado de forma grafica en el plano llamado planta de localización de colado de muros, el cual nos dará los parámetros para poder trazar franjas y plantillas de colados de muros en el sitio de la obra. Es importante señalar que este plano también clasificara a los muros por tipo, es decir, se les asignara una nomenclatura arbitraria para que puedan ser distinguidos en obra y así evitar confusiones durante su fabricación, otro aspecto importante antes de comenzar la fabricación de los muros, es hacer un croquis de cada uno en donde se vera a mas detalle las dimensiones del mismo y la localización de todos los elementos que lo componen.

Una vez que se ha concretado la localización de colado de muros, la fabricación de los muros comienza con el trazo de los mismos sobre el piso, este trazo se hará con la ayuda de un transito topográfico, y consistirá en definir una línea guía que servirá como marco de referencia para que después los maestros carpinteros partan de esta y así completar los trazos que formaran en su totalidad el muro.

Cuando ya se han trazado los muros sobre el piso o lugar de desplante, se procede con la colocación de la cimbra perimetral del muro; la cimbra esta hecha a base de tablón de madera, cuya sección es comúnmente de 4 x 17 cm (el espesor del muro). Está compuesta por dos tipos de tabloncillos: el tablón que servirá para cimbrar el perímetro de un grupo de muros y el que tomara la función de divisor del colado de muros, es decir, la cimbra intermedia entre dos muros contiguos (*ver figura 4.23*).

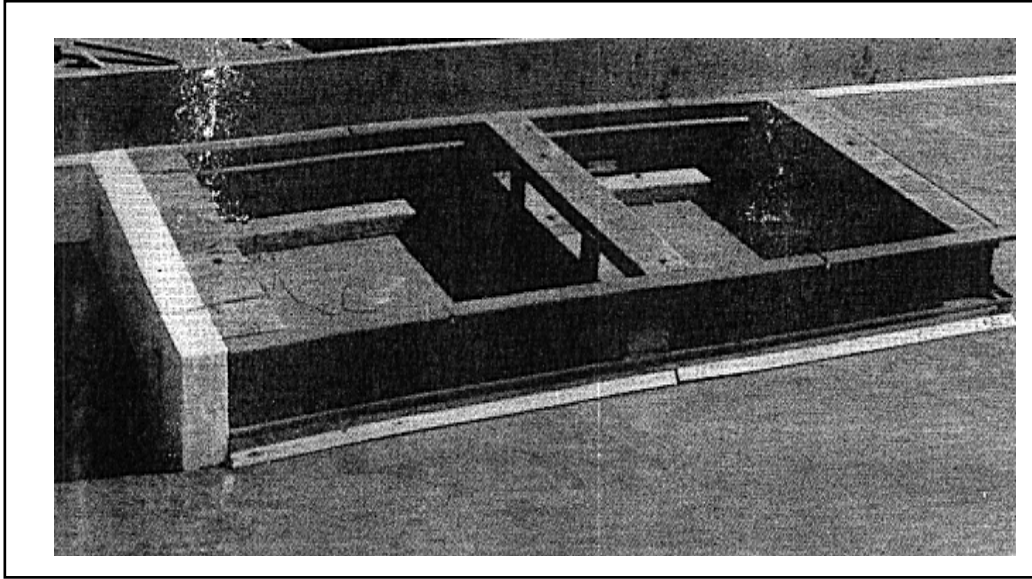


*Figura 4.23 Habilidad de cimbra en obra.*

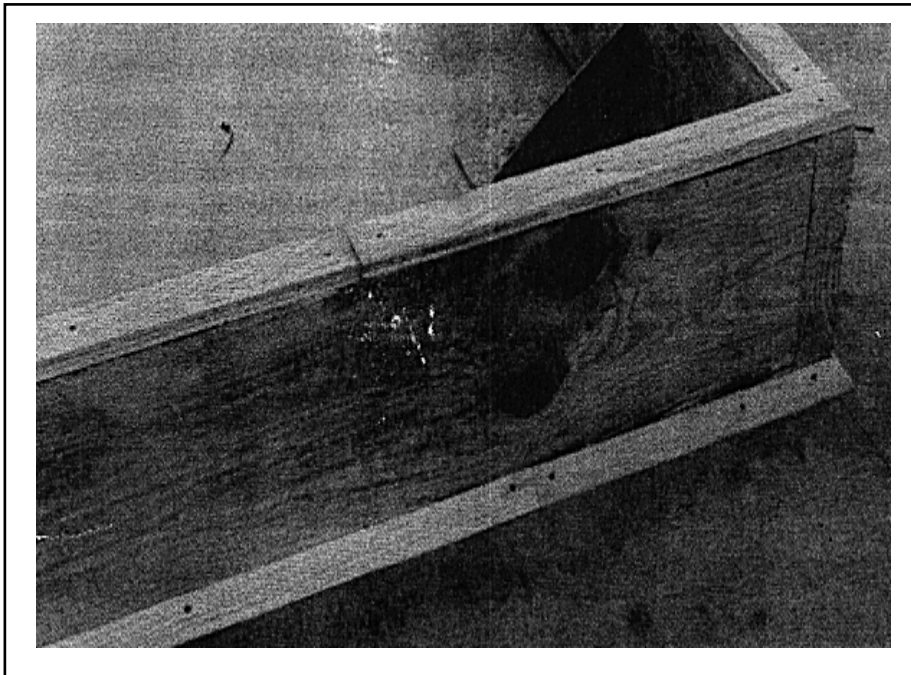
Por las necesidades posteriores de acabado, los dos tipos de cimbra deben tener ciertas características referentes al trabajo de la madera, es decir, la cimbra del perímetro debe tener un lado y un canto pulido, mientras que la cimbra de división debe tener los dos lados y un canto pulido. Esto es con el fin de que el concreto tenga un acabado pulido en todas sus caras y costados.

Como se puede observa en la figura anterior, la cimbra del perímetro, debe ser ensamblada por carpinteros en la obra, con el fin de dar a la cimbra las características de indeformable e inamovible. Para lograr esto, a la cimbra del perímetro se le coloca un tablón en posición horizontal formando una escuadra y sobre esta se clava un tacón, que no es otra cosa más que un trozo de tablón. La cimbra divisoria se coloca sobre una canaleta que sirve de guía para impedir que quede desalineada o desplazada de su lugar.

En cuanto a los de talles en madera para dar diferentes tipos de acabados, por ejemplo, se acostumbra usar un chaflán de 1.9 cm en el perímetro de cada muro (*ver figura 4.13b*), con el fin de dar a las esquinas un acabado a 45°, ya que realizar un acabado a 90° propiciaría el despostillamiento de toda la orilla. El cimbrado de las puertas y ventanas son otro detalle importante, en las cuales se seguirá el mismo procedimiento de habilitado que el de los muros divisorios (*ver figura 4.24a*).



*Figura 4.24b Cimbra para vano de puerta.*



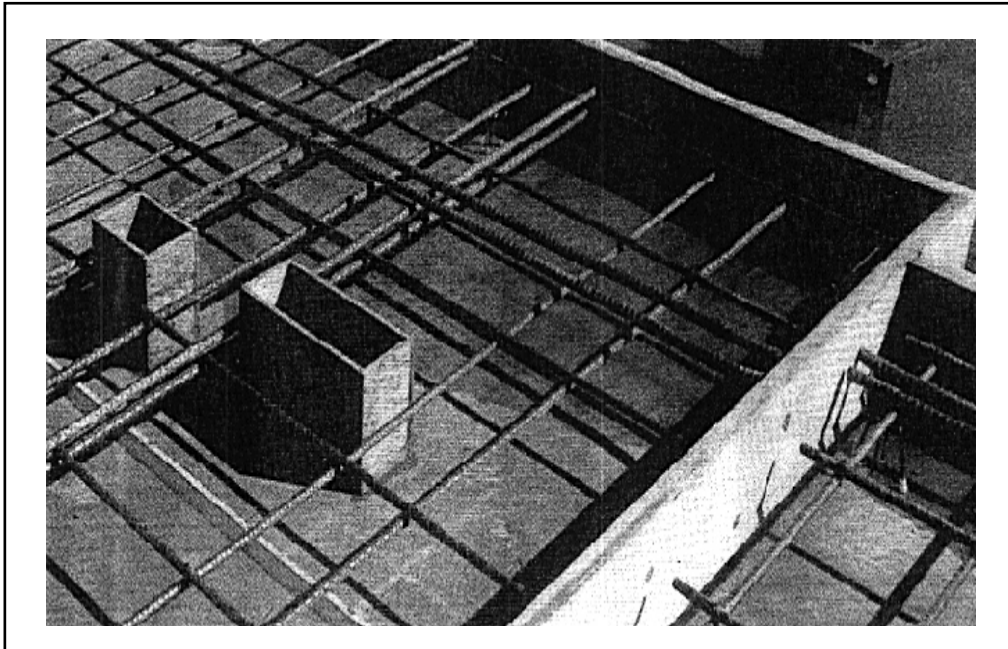
*Figura 4.24a Colocación de chafalán.*

Una vez que se coloco y verifico la cimbra se coloca una membrana desmódate. Es un producto químico cuya función es impedir que el concreto que será vaciado para cada muro se adhiera al concreto del piso. Este desmoldante debe aplicarse con un aspersor o rociador por que si se aplica con brochas, escobas, estopa o franela queda una capa muy gruesa que posteriormente se reflejará en el acabado del muro; con una membrana muy delgada es mas que suficiente para que el producto funcione.

Al igual que en la cimentación, mientras se realizan las actividades previas al colado, se asigna una cuadrilla de trabajadores para que empiecen a habilitar el acero de refuerzo de los

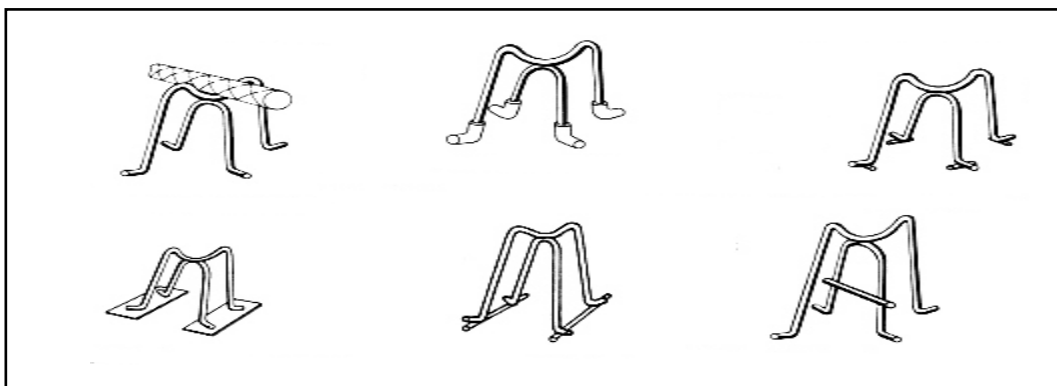
muros, con el fin de reducir tiempo en el proceso de cimbrado, armado y colado. También se puede marcar el piso el armado que lleva el muro para esta maniobra se realice más rápidamente.

Como ya se vio, el acero de refuerzo de los muros puede estar constituido por uno o más lechos en ambos sentidos (vertical y horizontal) (ver figura 4.25 a), el nivel o profundidad al que deben estar los lechos queda definida en el cálculo estructural.



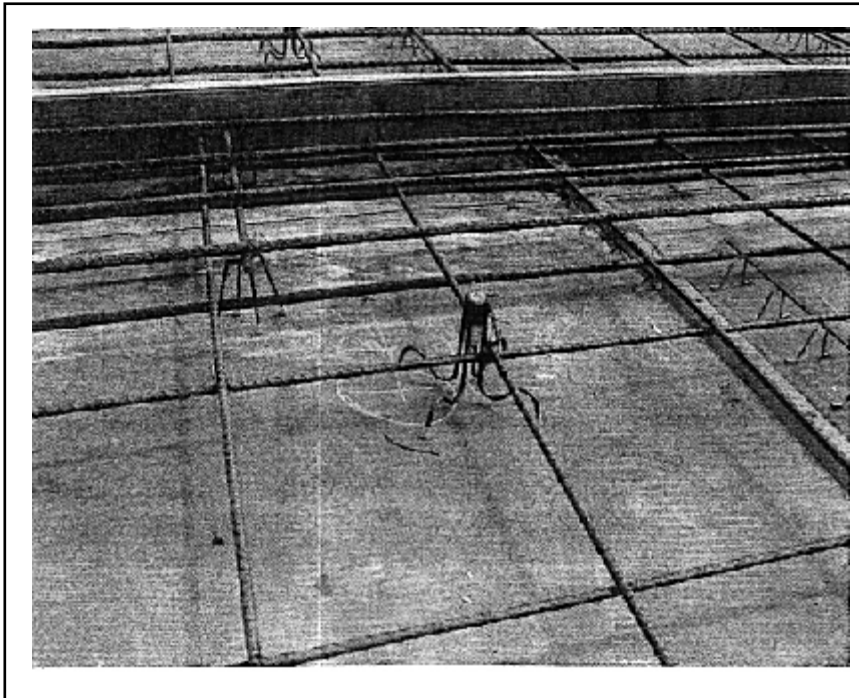
*Figura 4.25a Colocación de acero de refuerzo en muros.*

Para dar este nivel durante la ejecución de la obra, se utilizan unos elementos llamados silletas, que se consiguen en presentaciones de varios tamaños para facilitar esta labor (ver figura 4.25b).

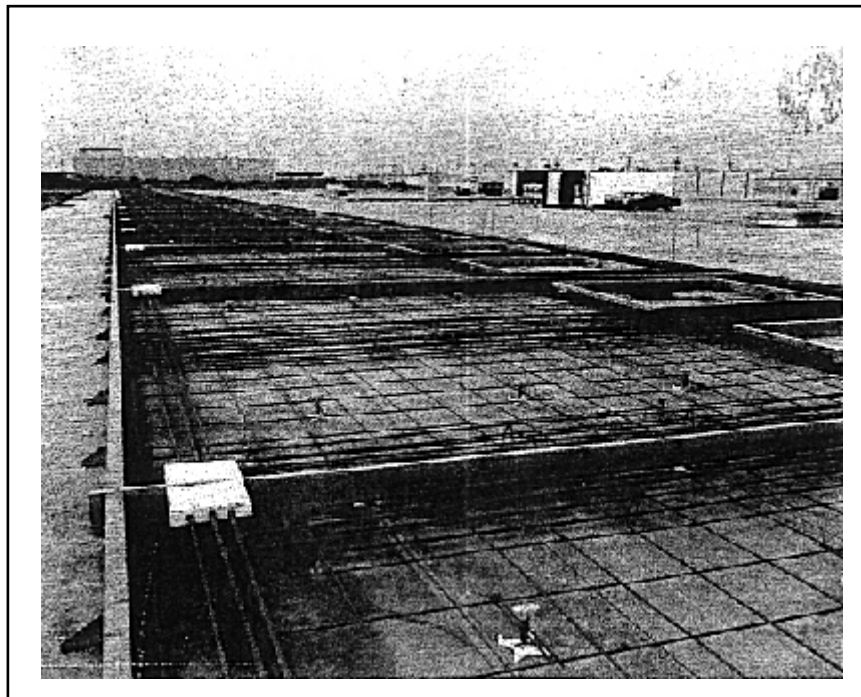


*Figura 4.25b Ejemplos de silletas.*

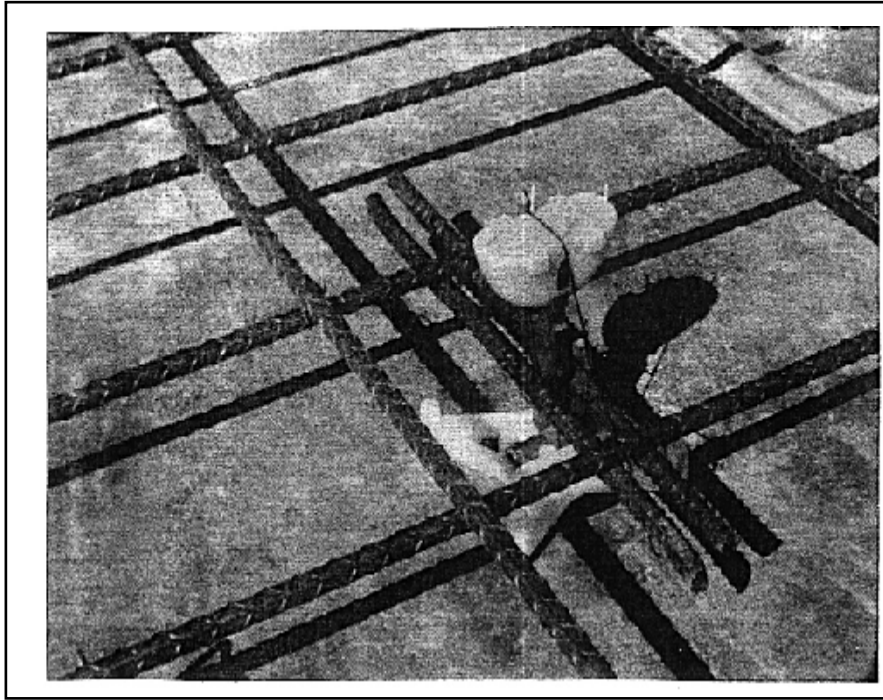
Después de haber colocado el acero de refuerzo del muro inicia una tarea que es muy importante por lo que debe de ser ejecutada sin errores, de lo contrario, pueden presentarse contratiempos que traen consigo incremento en los costos. Esta actividad es la colocación de insertos, placas, y preparaciones para expansiones futuras, que quedan embebidas en el concreto que se vacía durante el colado de los muros (ver figura 4.26).



*Figura 4.26  
Colocación  
de inserto  
para tubo  
telescopico.*



*Figura 4.27 Colocación de inserto de cara.*



*Figura 4.28 Colocación de inserto de cara.*

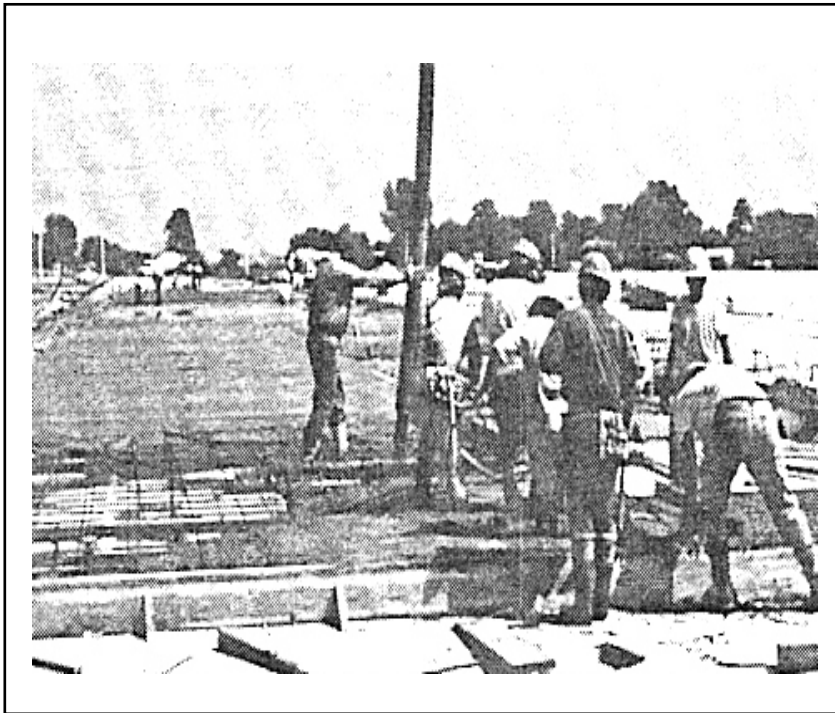
Como ya se dijo anteriormente hay insertos de varios tipos de acuerdo a su función; hay insertos para izaje, inserto para la colocación de tubos e insertos para muros de andén. A continuación se presenta un croquis de un muro en donde se muestran todos estos detalles (ver figuras 4.27 y 4.28).

Una vez colocados los insertos y placas necesarias de acuerdo al proyecto, se deben verificar todos los aspectos que involucran al correcto desarrollo del trabajo sobre cada muro.

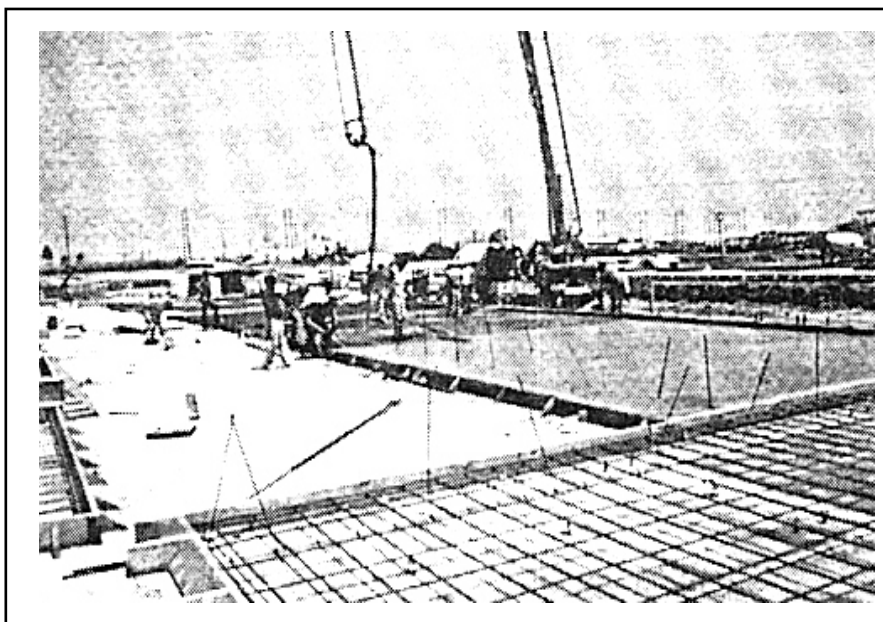
**La lista de aspectos a verificar de acuerdo al proyecto encada muro es:**

- Altura y ancho.
- Aberturas y localización de puertas y ventanas.
- Espesor (general y estructural).
- Posición correcta de colado.
- Cantidad suficiente de desmoldante.
- Tamaño y posición del acero de refuerzo.
- Tipo de insertos de izaje.
- Posición de correcta de insertos de izaje.
- Tipo de inserto para tubo telescópico.
- Posición correcta de insertos para tubo telescópico.
- Tipo de inserto para refuerzo de izaje.
- Posición correcta de inserto para refuerzo de izaje.
- Correcto amarre de insertos.
- Resistencia especificada.
- Suficiente penetración de anclas.
- Equipo de izaje adecuado.
- Configuración de cables y arnés de izaje.
- Tamaño y localización de refuerzo de izaje.
- Tipo correcto de tubo telescópico.

Posteriormente, habiendo revisado los puntos de la lista anterior, se procede con el vaciado del concreto, para esto, hay que contemplar con anticipación la accesibilidad para las ollas revoledoras, además, es importante colar varios muros en secuencia, ya que posteriormente será necesario dar el mismo acabado pulido que a los pisos y resulta poco práctico realizar esta actividad muro por muro. El proceso para el colado de los muros es exactamente el mismo que para los pisos, se vacía el concreto, se hace pasar tanto la regla vibratoria como la regla manual y por último las allanadoras (ver figuras 4.29 a y 4.29 b). El siguiente paso del proceso constructivo de los muros es el montaje, para lo que es necesario que el concreto tenga una resistencia de al menos  $175 \text{ kg/cm}^2$  o en su defecto un periodo de espera de una semana a 10 días. Un día antes de que den inicio las maniobras de montaje es necesario limpiar las zonas de trabajo para poder marcar el trazo de la posición final de los muros durante el montaje, con el fin de que la maniobra se realice en el menor tiempo posible.



*Figura 4.29a  
Colocación y  
tendido de  
concreto.*



*Figura 4.29b  
Colocación y  
tendido de  
concreto.*



Adicionalmente, para poder dar inicio al montaje se requiere descubrir todos los insertos de los muros, así como retirar la cimbra que se colocó, dejando destapados todos los huecos para la estructura metálica; estos huecos son descubiertos antes del montaje por que hace más fácil el trabajo, de lo contrario, si se descubre después del montaje sería necesaria una escalera o un andamio y realizar la tarea en lo alto del muro, haciendo el trabajo más riesgoso y peligroso para los obreros.

Gran parte de la economía del sistema radica en una adecuada planeación y en el cumplimiento del programa de obra. Dentro de este contexto la fecha de terminación del colado de muros juega un papel importante, ya que el servicio de la grúa se solicita para dos o tres días después, con el fin de que todos los muros tengan la resistencia adecuada al momento de montarse. De no cumplirse con esta fecha tendrían tiempos muertos de la grúa y esto trae consigo incremento en los costos.

#### **4.5.6 Montaje de Muros Tilt –up.**

El término “Montaje” en el sistema tilt –up, se refiere a todos los dispositivos necesarios para izar, asentar y apuntalar los muros.

El éxito en el montaje de muros en un proyecto tilt –up depende de la apropiada planeación para evitar retrasos innecesarios y para proporcionar la máxima seguridad. La disposición de los muros sobre el piso, la colocación correcta de los insertos para apuntalamiento e izaje, el movimiento de la grúa, los puntos de izaje de la grúa al muro, son aspectos que deben ser cuidadosamente coordinados.

- **Consideraciones preliminares.**

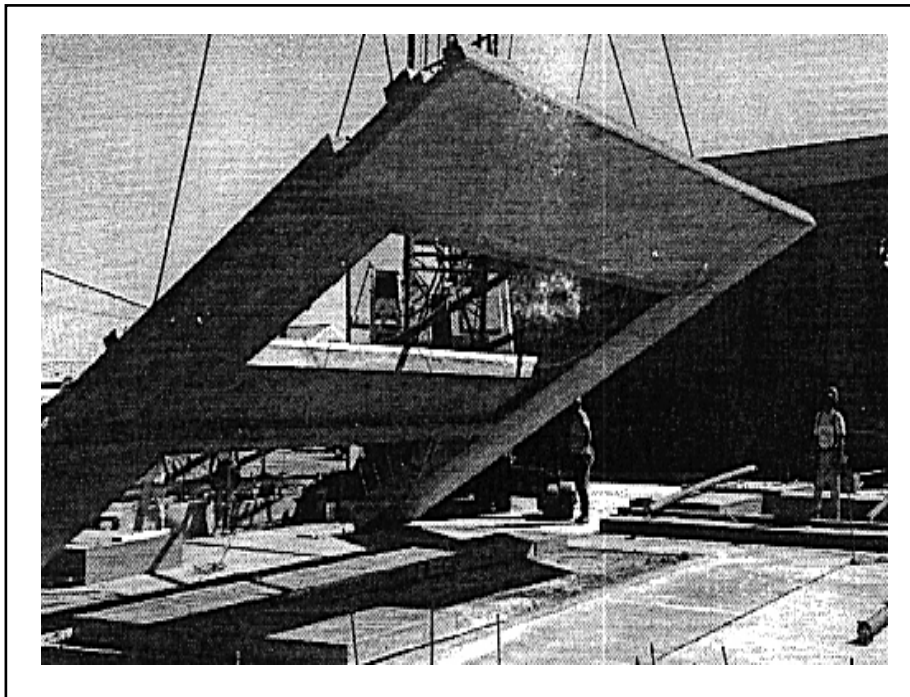
Con toda la antelación posible, el ingeniero residente junto con el personal de montaje, deben hacer una revisión cuidadosa del acceso y movimiento de la grúa hacia los paneles, es decir, que la grúa debe ser capaz de moverse tan rápido como sea posible, de un muro a otro. También se tendrá que revisar el espesor de la losa por donde se va a circular, la distribución de los paneles en la obra, el tipo de conexiones y el tamaño y peso de los muros. Es importante considerar los riesgos potenciales, tales como los cables de energía eléctrica que pasan por arriba de la obra si se da el caso, construcciones adyacentes o áreas débiles en las losas.

La selección de los puntos de izaje es otro factor importante que hay que considerar mucho antes de que comience la construcción. Estos puntos deben localizarse de modo que puedan balancear apropiadamente el muro durante el izaje; debe también haber un número suficiente de agarraderas para distribuir la carga en cada inserto y prevenir que se exceda la resistencia del concreto. Por lo tanto, el arreglo o configuración de los estrobos no siempre es igual para todos los muros.

En lo que respecta a la parte operativa del montaje se debe preparar una cuadrilla con las funciones correspondientes asignadas a cada obrero; estos deben conocer y estar familiarizados con los accesorios y herramientas que van a utilizar para que no se presenten demoras durante las maniobras. La maniobra de montaje de cada muro no se debe de llevar más de 25 minutos, la intención es levantar un promedio de 30 muros por día. Para empezar se requiere haber colocado los tubos telescópicos en todos los muros; obviamente, los tubos solo se fijan de un extremo al muro, quedando libre el otro extremo hasta que se levanta el muro. También se deben haber colocado los accesorios y estrobos a la viga de izaje con el arreglo seleccionado, incluyendo los ganchos de liberación desde el piso.

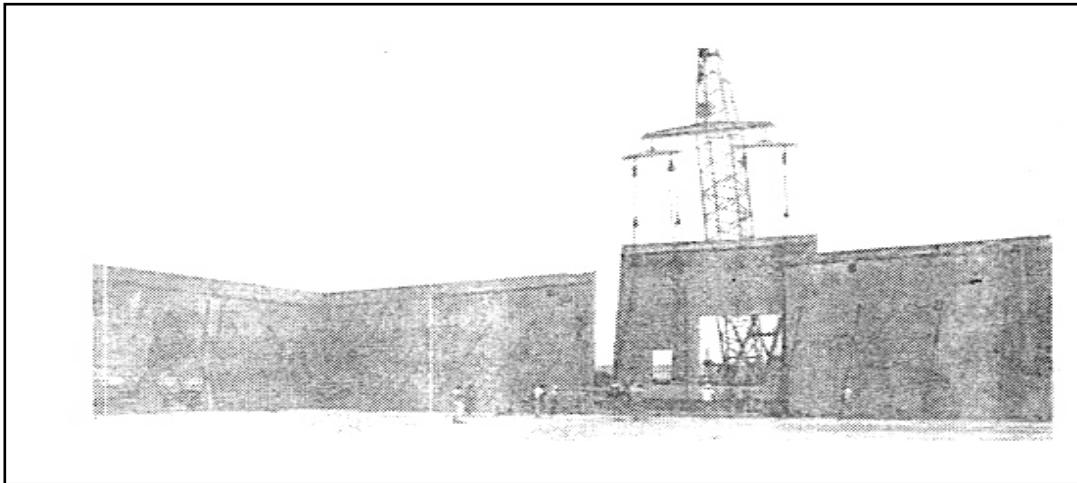
- **Secuencia de montaje.**

En primer lugar se hace un plan de montaje auxiliándonos con un plano llamado “Planta de localización de muros ( ver plano planta de colados de muros en anexos)”, en este plano se trazara primeramente la trayectoria que deberá de seguir la grúa, que es por donde se observen los espacios más grandes para permitir el libre movimiento de la misma, generalmente este espacio es el piso de la obra, esto también lo define la posición de la grúa con respecto al muro, pues es mejor alzar la cara interior del panel desde el interior del edificio, esto permite que los tubos telescópicos por estar en contacto con el piso impida el movimiento horizontal del muro antes de ser levantado, de modo que por este contacto inmediato se puedan asegurar rápidamente a la losa de piso después de que el panel quede localizado en su posición final.

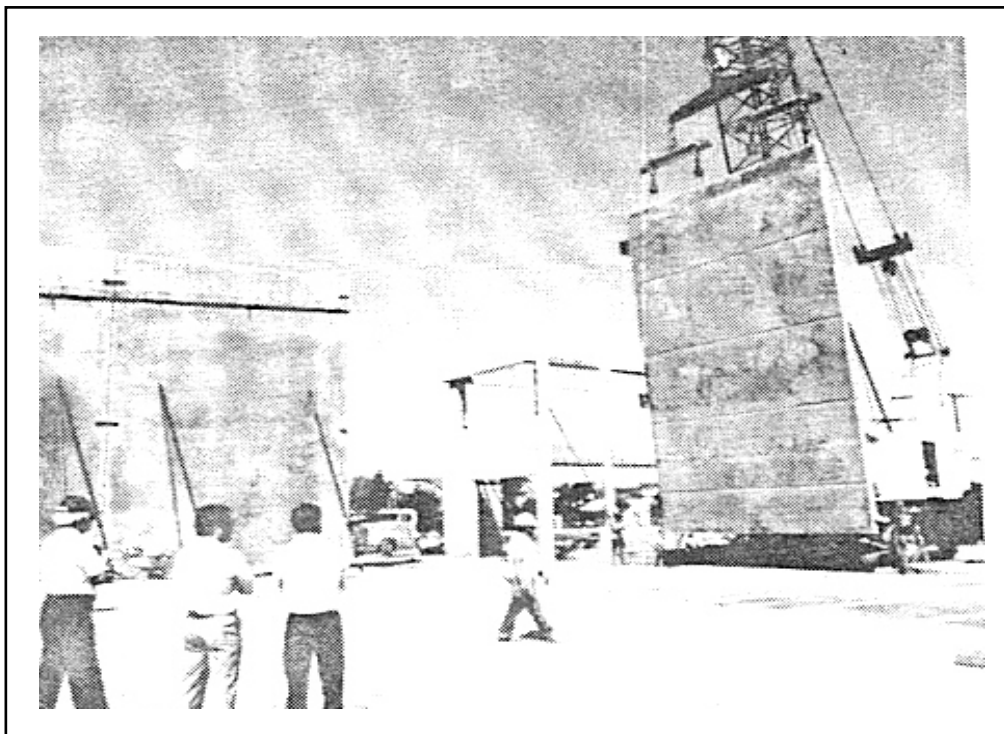


*Figura 4.30 Maniobra inicial en el montaje de muros.*

Al trabajar desde el interior del edificio también se da a la grúa una firme superficie de maniobra, a condición de que haya suficiente espacio en el interior, si el espacio es limitado, los paneles vaciados en pila pueden resolver el problema. Cabe mencionar que solamente cuando se va a colocar el panel de cierre (ver figura 4.31), se alza la cara interior del muro por fuera del piso de la obra para evitar que la grúa se encierre a sí misma, pero el uso de esta técnica debe evitarse en lo posible.

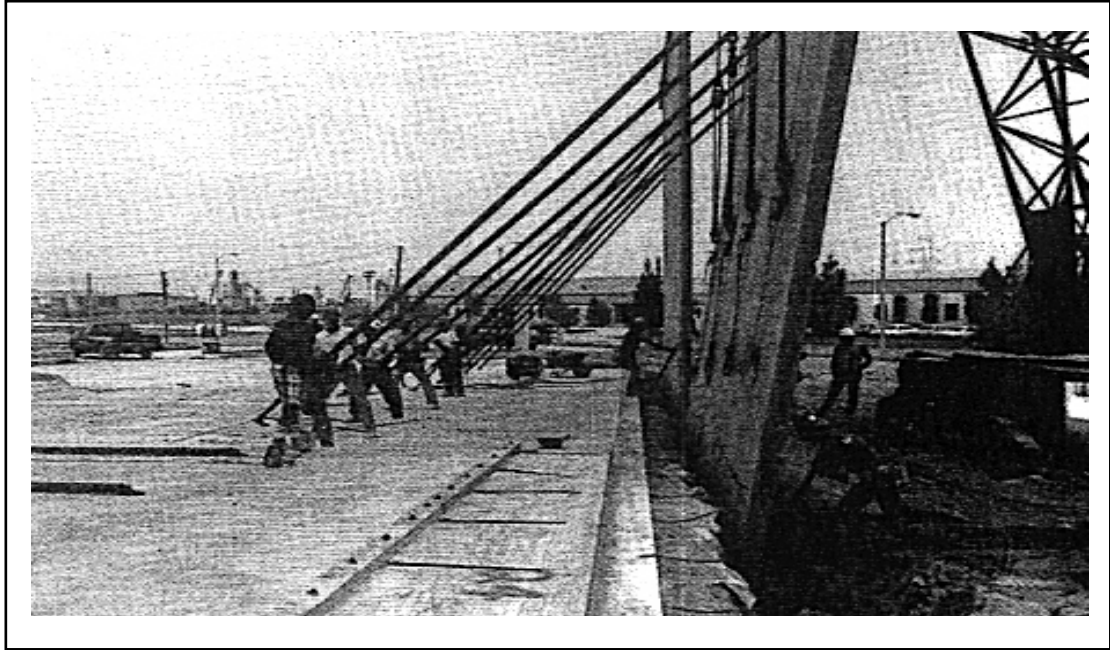


*Figura 4.31 Maniobra para colocar el muro de cierre.*



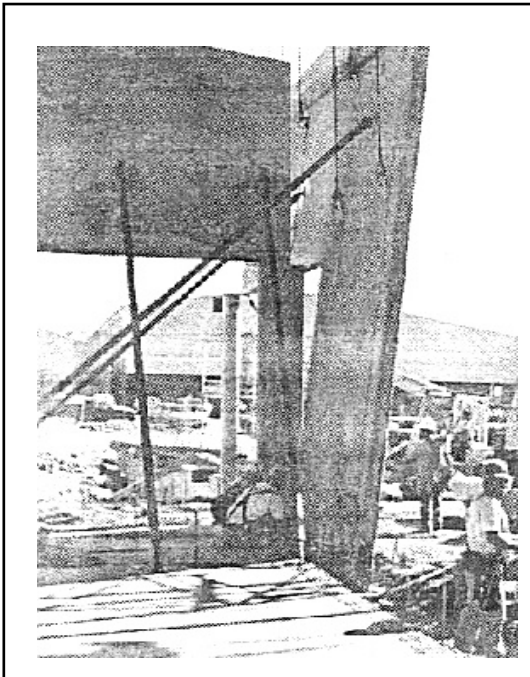
*Figura 4.32 Maniobra para traslado de muros.*

Cuando ya se ha definido la trayectoria de la grúa, en el mismo plano de localización de muros se enumeran los mismos siguiendo como secuencia la trayectoria de la grúa. El siguiente paso es colocar y asegurar los ganchos a los insertos de izaje en el muro, después la grúa inicia la maniobra levantando el muro señalado en plano con el número uno; cuando este se empieza a levantar se deben retirar las molduras y chaflanes que fueron colocados contra el piso para dar el acabado deseado. El muro pasa de posición horizontal a inclinada y posteriormente a vertical para que se coloque en su posición final, durante esta maniobra los tubos telescópicos va tomando su posición respecto al piso (*ver figura 4.33*).



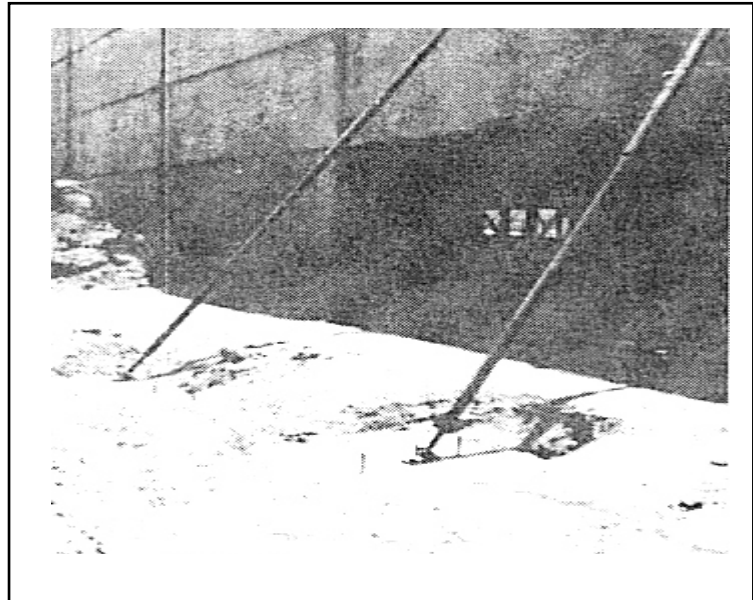
*Figura 4.33 Fijación de tubos telescópicos a piso.*

Para poder asentar el muro en su posición final es necesario darle el nivel requerido, por esta razón se asienta en unas calzas (lainas) que pueden ser de plástico de alta resistencia a la compresión, metálicas o maestras de concreto, de lo contrario el muro quedaría desnivelado, estas calzas son colocadas de acuerdo al nivel del proyecto con la ayuda de un nivel óptico o láser. El espacio que queda entre la zapata y el muro debe ser plomeado verificando su verticalidad por el sentido ancho con uso de un tránsito, es decir, viendo de frente al muro para que no quede más levantado de uno de sus dos lados, para hacer este ajuste se aumentan o se quitan las calzas necesarias (ver figura 4.34).

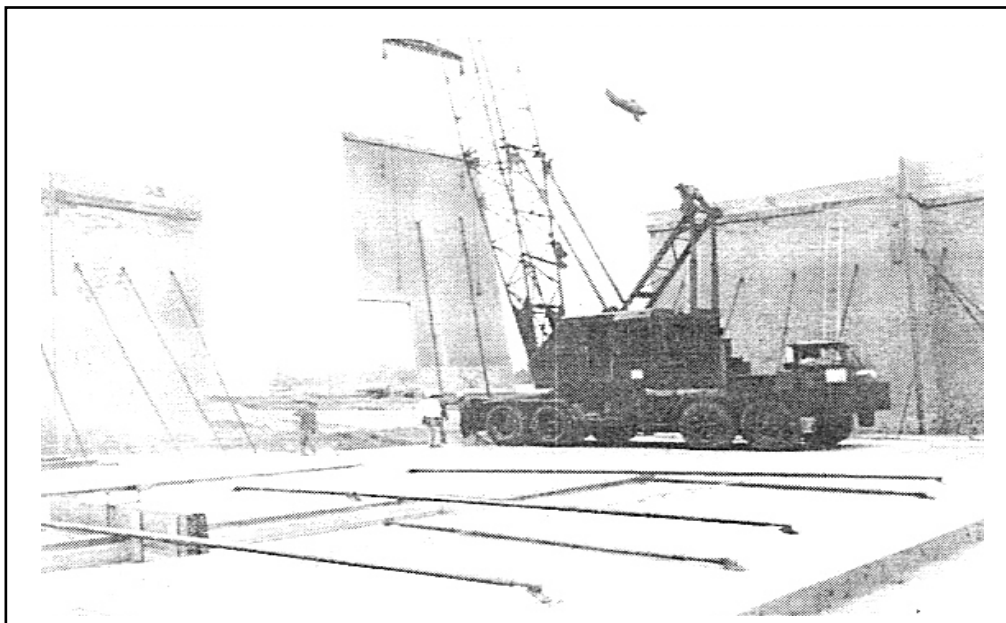


*Figura 4.34 Colocación de lainas niveladoras.*

Antes de ser liberado el muro se fijan los tubos telescópicos al piso de concreto, ya sea que en el piso se haya dejado un inserto para recibirlo, o bien, se hace una perforación con un taladro, se coloca un tornillo con taquete expansivo y se fija la base del tubo con una tuerca. Con el tubo, gracias a su característica de ser telescópico, se ajusta la verticalidad del muro extendiendo o retrayendo el tubo mediante una cuerda que posee el mismo, para posteriormente verificar con el tránsito la verticalidad observando al muro por un costado, o sea por el lado del espesor. Después de esto la grúa descansa al muro quedando los estrobos libres de tensión y es entonces cuando se tira de la cadena liberadora de cada inserto para que el muro quede totalmente libre (ver figura 4.35).



*Figura 4.35  
Fijación de  
los tubos  
telescópicos.*



*Figura 4.36 Posición óptima de grúa para el montaje de muros.*

Una vez colocado y plomeado el primer muro, el proceso se repite hasta concluir el montaje de todos los muros, colocando uno por uno hasta cerrar todo el edificio.

Sin embargo, hay ciertos casos especiales en el montaje que pueden cambiar algunos aspectos referentes al proceso constructivo, los más importantes son:

- **Muros de andén.**

Estos muros quedan aproximadamente un metro abajo del nivel de los demás muros, por lo que se sujetan, a la altura de la losa de piso, por medio de una varilla concuerda que se introduce a un inserto ahogado en el muro. Para lograr esto es necesario que en esta zona se deje una franja de piso sin colar hasta que el muro este en su posición, con el fin de que una vez que se ubico el muro se le coloque la varilla en el inserto y posteriormente se realice el coladote la franja de piso mencionada, para que de este modo las varillas mencionadas sean amarradas al armado o malla de la losa de piso y queden embebidas en el concreto.

- **Muros para puertas.**

En ocasiones se requieren puertas de ancho considerable que afectan a la modulación de muros, de tal manera que el ancho de la puerta abarque todo el ancho del muro; en estos casos se diseña al muro en cuestión como una viga, de modo que quede apoyado en los muros contiguos. El proceso constructivo para esta situación es el mismo, y con la salvedad, de que primero deben ser colocados los muros contiguos y posteriormente el muro del centro. Otra característica importante en este caso en particular es que el montaje de este tipo de muro, generalmente, se hace con inserto de borde (mencionado anteriormente). Este tipo de muros no va conectado a la cimentación, por lo que se conecta a los muros contiguos mediante placas que se dejan embebidas en el concreto y cuando se realiza el montaje son soldadas una a otra.

## **Columnas.**

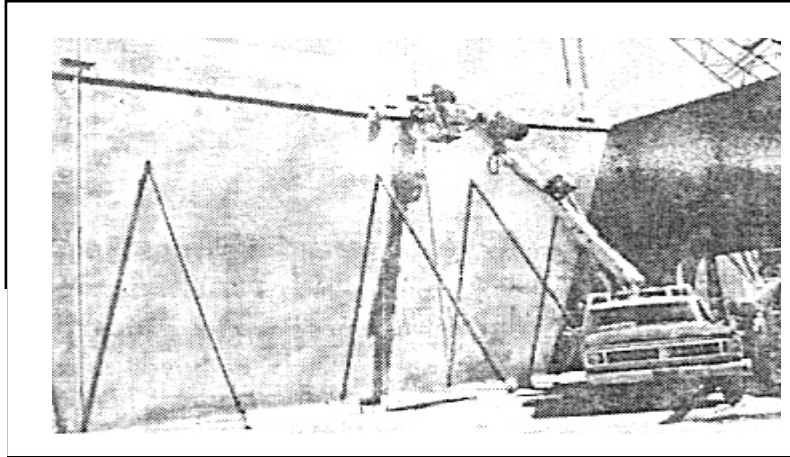
Para finalizar esta parte del proceso, se deben montar las columnas. Las columnas pueden ser metálicas a base de perfiles estructurales, o bien, de concreto. Sea cual sea el tipo de columna a emplear en el extremo inferior se debe contemplar las preparaciones necesarias para proporcionar anclaje entre la columna y al cimentación. La función de la placa que queda en la parte superior de la columna es recibir a los elementos principales de la estructura, los cuales serán soldados a dicha placa. Por ultimo se colocar mortero de alta resistencia en el espacio que queda por debajo de la columna, ya que a esta también se le da el nivel especificado en el proyecto a través de calzas (*ver figura 4.37*). Cabe mencionar, que antes de que la grúa libere a las columnas, esta debe quedar a plomo, o sea, verticales en ambos sentidos.



*Figura 4.37  
Grounteado  
de columnas.*

Otra consideración importante en el proceso constructivo, es la colocación del ángulo perimetral (*ver figura 4.38*), cuya función es soportar la techumbre en todo el perimetrote la nave. El área tributaria de la carga que le corresponde, es de un metro de ancho por cada metro lineal.

*Figura 4.38  
Colocación  
de ángulo  
perimetral.*



La última actividad en esta etapa es una limpieza general tanto de muros como de los restos que quedan en el piso por efecto del cimbrado y la colocación de los acabados para muros.

#### **4.5.7 Estructura metálica.**

Comúnmente las estructuras que se utilizan como soporte de los sistemas de techumbre en México, son de acero y su presentación más usual en los edificios para almacenes o naves industriales, en los que se tienen grandes claros, son las armaduras, las cuales, resultan prácticas por ser ligeras y de fácil fabricación. La ligereza de las armaduras representa una disminución de la carga muerta con lo que se logra reducir las dimensiones de las zapatas, columnas y muros.

En Estados Unidos, existen empresas dedicadas a la fabricación de armaduras en tamaños y medidas estándares, con capacidades de carga ya determinadas, a las que los constructores se sujetan al momento de realizar el diseño de las edificaciones y al definir los claros que van a manejar, esto permite tener un abatimiento importante en los costos, por otro lado se reduce considerablemente la mano de obra en sitio. Además, gracias a la gran variedad de las presentaciones que se tienen, se pueden realizar construcciones casi ilimitadas en lo que a diseño se refiere.

En México no es muy común este tipo de sistema de trabajo, sin embargo, la economía, efectividad y sencillez de su fabricación, sigue haciendo conveniente su utilización. Por otro lado, el cálculo es también muy sencillo, son armaduras isostáticas que se analizan bajo condiciones de carga uniformemente repartida, considerando los reglamentos vigentes en la zona en cuestión.

- **Generalidades de la estructura metálica.**

Las armaduras son básicamente de dos tipos; principales y secundarias. Los términos corresponden al arreglo que toman estas las armaduras secundarias reciben el peso de la techumbre y pasan la carga a las armaduras principales y a los muros tilt-up transversales a ellas, mientras que las armaduras principales (A.P) van en sentido perpendicular a las secundarias y bajan cargas a las columnas y a los muros que van paralelos a las armaduras secundarias ( A.S).

Por lo tanto, se tiene un sistema de marcos principales en el que se diseña como un simple soporte de cargas concentradas equidistantes entre si, estas cargas concentradas equidistantes entre si, estas cargas son las aportaciones de las armaduras secundarias. De modo es que como se hace el análisis para las armaduras principales.

Las armaduras se fabrican por medio de perfiles de acero, en general se usan ángulos de lados iguales; considerando que se constituyen de cuatro elementos fundamentales: Cuerda superior, Cuerda inferior, Montantes y diagonales. Para seguir un perfecto alineamiento y evitar movimientos laterales, logrando así un correcto funcionamiento de la estructura, se debe colocar un contraventeo para conectar una a otra las armaduras también fabricado a base de perfiles de acero.

Las armaduras presentan otra ventaja, y es que la altura libre no se ve afectada por la intervención de las instalaciones que deben ir ocultas, ya que las tuberías y ductos pueden ir colocados a través de ellas. El acero que debe emplearse para la fabricación de estos elementos es el señalado en las especificaciones ASTM: A – 36, cuya resistencia a la fluencia es de 2530 Kg/m<sup>2</sup>, o algunos tipos de aleaciones de alta resistencia (*ver plano de planta estructural, cortes y detalles, que servirán para su fabricación en taller y en obra para su montaje en anexos*).

- **Secuencia de montaje.**

En lo que se refiere a la secuencia de montaje, una vez que se tienen las armaduras en obra. Se levantan por medio de una grúa, que puede ser ligera (baja capacidad de carga) ya que el peso de las armaduras es muy bajo en comparación con el peso de los muros. Primeramente se levantan las armaduras principales apoyándolas en las columnas y en los muros respectivos según plano, estas deben de ser soldadas a las bases donde son asentadas. Posteriormente se levantan las armaduras secundarias, se colocan en su posición sobre las armaduras principales y muros correspondientes, para que posteriormente se les coloque el contraventeo y queden listas para recibir la carga.

Es conveniente realizar un programa de colocación de acuerdo a las propiedades que se tengan para la colocación de la cubierta. La estructura debe llevar “primer” y tiene que quedar pintada.

Todas las uniones entre los elementos que constituyen a ambos tipos de armaduras deben estar soldadas, al igual que los apoyos en los muros y columnas, salvo en algunos casos especiales de acuerdo a las especificaciones del método de diseño que se empleé.

#### **4.5.8 Instalación del diafragma de cubierta.**

Una de las etapas más importantes en una obra tilt –up es en la que se coloca la cubierta de la nave, como ya se explico anteriormente la cubierta es parte de la estructura del edificio ya que el principio del sistema es como una caja de zapatos, que se mueve mientras no se cierre con su tapa; en esta analogía, la tapa es la estructura de acero del techo, y cuando este es colocado la edificación se torna totalmente rígida.



- **Generalidades de la cubierta.**

El techo que se utiliza en el sistema tilt –up puede ser muy variado, gracias a la diversidad de factores que intervienen para la selección del tipo de techumbre a utilizarse. Estos factores van desde las condiciones climatológicas hasta el gusto del usuario o del proyectista, tomando en cuenta las condiciones de trabajo por la multiplicidad de usos que puede tener.

En México se utilizan dos tipos de techumbre; un sistema de doble lámina que en conjunto con la estructura funciona como diafragma estructural, el cual contribuye al manejo de las fuerzas transversales que pueden presentarse, conduciéndolas a lo largo de toda la estructura hacia los paneles. O bien, la losacero, que consiste en una lámina principalmente se usa en la nave, en tanto que la losa acero se emplea en áreas de oficinas o en zonas de entresijos.

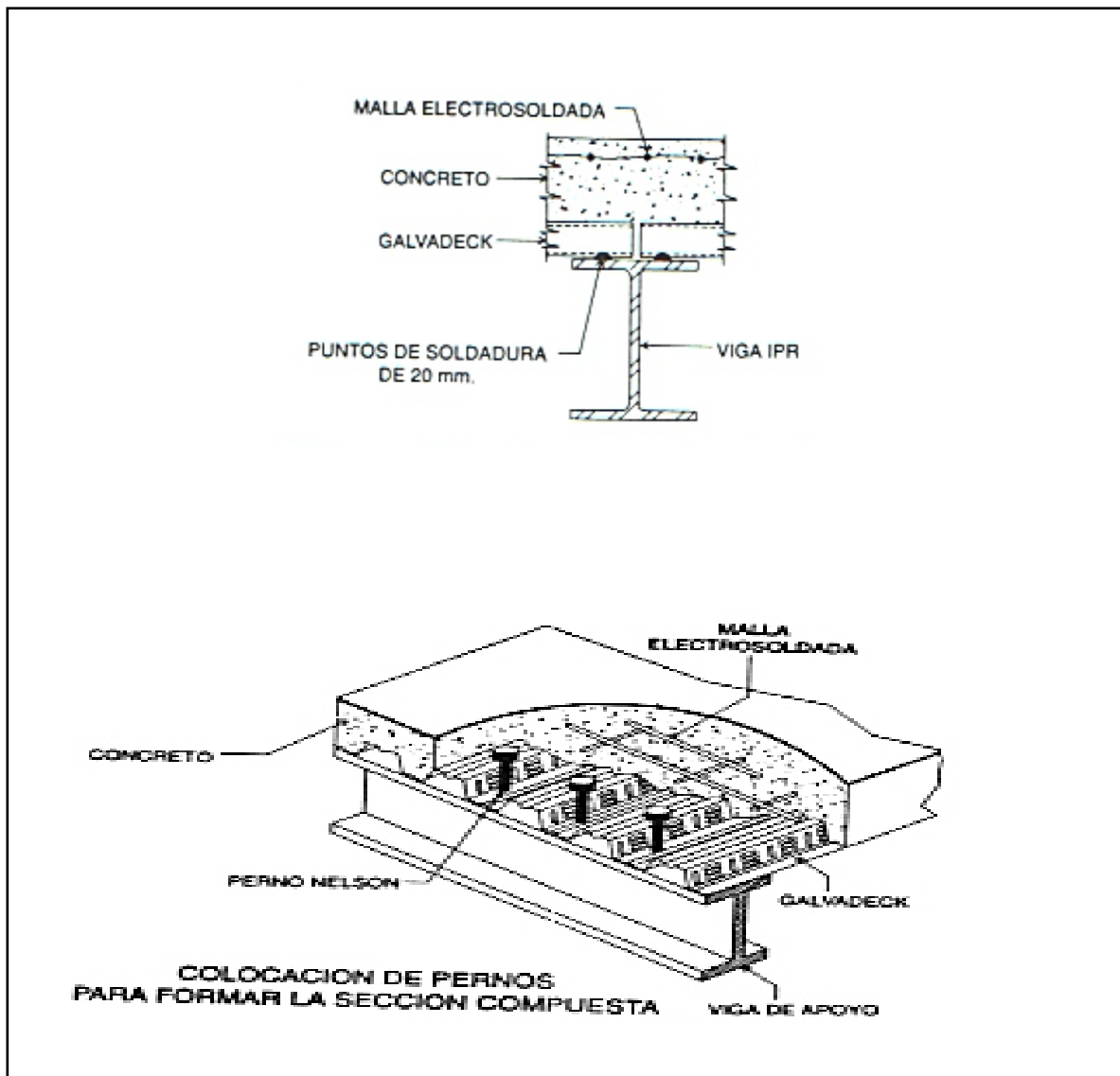
- **Instalación de cubierta.**

Para la instalación de la lámina usaremos los planos de cubierta y planos de detalles, en los cuales encontraremos la distribución de las láminas, sus conexiones, tamaños y tipos (*ver plano planta de cubierta en anexos*).

Como ya se dijo anteriormente la cubierta de la nave será a base del tipo lámina doble, la cual se compone de una primera lámina galvanizada. Se coloca en sentido transversal a las armaduras secundarias y se fijan por medio de puntos de soldadura que van en cada valle del perfil y la separación de estos es la distancia que existe entre las armaduras, todo esto de acuerdo con un patrón de distribución de soldadura de fijación. Después de completarla, se coloca una segunda lámina en sentido paralelo a las armaduras secundarias, su fijación es mediante un clip que queda oculto, lo que reduce el riesgo de posibles filtraciones. Esta lámina se adquiere en rollo y se rola en campo. Elimina restricciones y traslapes en lo que a su longitud se refiere, permite un acabado 100% hermético, se tiene la opción de instalar aislamiento especial entre ambas láminas, se puede usar en pendientes hasta del 2% y su acabado galvanizado esmaltado permite larga vida útil. En todo el perímetro deben colocarse tapajuntas, goteros y esquineros que impidan la infiltración del agua, la lámina canaliza el agua pluvial recolectada en uno de los costados de la nave, donde se instala un canalón, también de lámina, con bajadas pluviales de PVC.

La colocación de aislamiento es opcional para casos muy especiales, ya que entre las dos láminas queda una cama de aire que contribuye de manera muy significativa al aislamiento de temperatura y ruido.

La losacero es un sistema que está constituido por un perfil de lámina estructural que se fija a las láminas a traves de puntos de soldadura. El perfil tiene un peralte de 6 centímetros desde el valle hasta la cresta, y 5 centímetros de concreto. Dependiendo de la necesidad y del uso de losacero, esta puede o no ir reforzada con malla electrosoldada. Por motivos de anclaje sobre la lámina se colocan unas anclas verticales con cabeza (studs), que quedan ahogadas en el concreto. Cuando se coloca como losa superior exterior se debe impermeabilizar para impedir filtración del agua pluvial, además de darle la pendiente necesaria para escurrimiento y bajantes para desagüe. Cabe mencionar que este tipo de techo, por manejarse en zonas con claros más cortos, en ocasiones resulta más económico y adecuado para colocación, utilizar perfiles de acero como IPR, para soportarlo. Durante el colado de esta losa, es conveniente apuntalar para evitar deflexiones en la lámina con el concreto fresco, una vez que el concreto ha fraguado, se puede retirar dichos puntales.



*Figura 4.39 Esquema de cubierta losa-acero.*

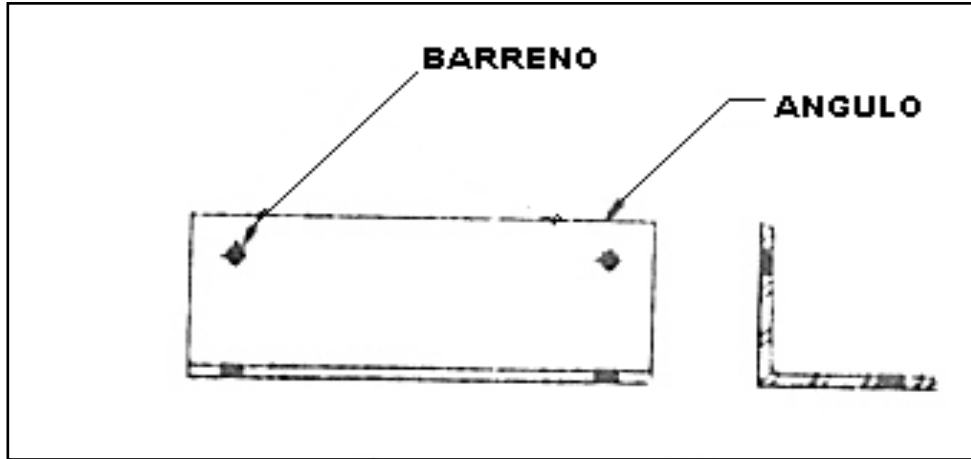
Solamente, hasta que se ha colocado el sistema de techo, sea cualquiera de los dos mencionados anteriormente, se puede retirar los tubos que fueron colocados con el montaje de los muros , ya que es entonces cuando los muros , la estructura y la techumbre trabajan en conjunto como diafragma estructural.

#### **4.5.9 Terminación de la obra.**

Al término de los trabajos anteriormente especificados, quedarán algunos detalles por ejecutar, para que la obra quede totalmente concluida, además de los detalles por ejecutar algunas veces se presenta agrietamiento en los muros que cuando son superficiales se puede corregir por mediante resanes , pero cuando son muy profundos y se corre el riesgo de descorchamiento en el concreto, se deben reparar por utilizando métodos más sofisticados como el de inyección; cabe mencionar que si se lleva un estricto control de calidad esporádicamente se presentarían problemas graves de agrietamiento.

- **Colocación de conexiones en esquina.**

Cuando se retiran los tubos telescópicos de los muros inmediatamente después se colocarán los ángulos de esquina: Que son los ángulos que se colocan en los muros que forman esquina, los cuales se conectan entre si, se fijan con tornillos de alta resistencia. Usualmente se colocan dos en cada esquina (*ver figura 4.40*).



*Figura 4.40 Angulo de esquina.*

- **Grounteadado de muros.**

Cuando los muros son colocados en su posición final, ya nivelados y plomeados mediante los procedimientos antes mencionados, estos no quedan asentados sobre la cimentación, es decir, que queda un espacio libre entre estos dos elementos, dicho espacio es cubierto con mortero de alta resistencia (grout).

Cabe mencionar que la aplicación de este mortero de alta resistencia, no solo es para cubrir y sellar el espacio que queda entre la zapata y la parte baja del muro, ya que estructuralmente esta trabaja como una capa de transición entre los dos elementos, para que el primero (muro) transmita uniformemente las cargas sobre la cimentación.

El mortero de alta resistencia o grout utilizado en los muros tilt –up, puede tener diferentes consistencias desde poco fluido, medianamente fluido, y altamente fluido; la fluidez en este material estará en función de la cantidad de agua que se le aplique. La consistencia que se usara para los muros y columnas tilt –up será la de alta fluidez y sus resistencia a la compresión a 1, 3,7 y 28 días será de 2500 psi, 500 psi y 8000 psi sucesivamente.

Este mortero esta compuesto por agregados de cuarzo, cemento Pórtland, y otras mezclas especiales. También tiene la propiedad de ser auto nivelante, es decir, que por solo corre por los espacios a llenar, hasta completar se volumen total (*ver figura 4.41*).



*Figura 4.41 Grounteado de muros.*

- **Junteo de muros.**

Otra de las características de un edificio tilt –up durante su construcción, son los espacios verticales que quedan entre muro y muro, estos espacios se rellenan con un silicón especial que tenga la propiedad de adherirse al concreto, así como, la aceptación de la pintura vinílica sobre su superficie. Cabe mencionar que este silicón se aplica sobre una base de neopreno de forma cilíndrica, esto para hacer rendir más al silicón. Para esta tarea se habilita una cuadrilla especial que aplicara este tipo de junta elástica en todas las juntas de muros por ambos lados. Las características de este tipo de junta ya se han explicado con anterioridad en el capítulo II.

El problema más común que se encuentra en el sello de las uniones es una falla debida a la falta de adhesión del sellador con el concreto. Para prevenir esto, la superficie de contacto debe limpiarse bien con un cepillo de alambre para retirar algún residuo del desmoldante o alguna costra que redujera la adherencia. Para probar la existencia de costra, se pega una cinta “masking”, luego se levanta la cinta para ver si algo de polvo blanco quedo pegado en la cinta.

- **Pintura.**

Existen toda una gama de acabados que se le puede dar a los muros construidos con este sistema, se pueden tener colores, texturas y formas que alcancen cualquier petición arquitectónica. Pero para este proyecto en particular el tipo de acabado que se escogió fue el de la pintura.

La pintura que comúnmente se usa es de acabado mate en el exterior y satinada en el interior. Se aplica una capa de sellador y posteriormente la pintura. En cuanto no existe ningún tipo de restricción.

No se debe iniciar los trabajos de pintura hasta al menos 60 días después de que los muros fueron colados (para permitir que el desmoldante y el compuesto de curado se disipen), ni tampoco debe hacerse durante períodos de extremo calor o cuando la temperatura este por debajo de lo 50 grados, sin utilizar un aditivo para clima frío, o cuando la humedad sea muy alta.

- **Reparaciones en muros tilt - up.**

Casi cualquier imperfección de la losa de piso aparecerá en la superficie del muro cuando se erija. Además de las grietas o juntas en la losa del piso, aún las marcas del piso para los números de los muros se muestran a menudo reflejadas en un espejo en la superficie de los muros. Si una junta no se rellenó de ante mano, el concreto se introducirá en los huecos y dará como resultado una rebanada o protuberancia sobre la superficie. Estas deben limarse. La mayoría de las otras imperfecciones quedaran ocultas con la pintura o el sopleteo de arena, sin embargo, se acentúan las grietas ya que la arena redondea los bordes de una grieta por lo que la resalta.

Para desbastar y resanar la superficie, se pone a un trabajador en un andamio con una cubeta de agua, un limatón, un mortero, y una llana metálica y plástica.

Durante el descimbrado del muro y la erección del mismo, el panel esta sujeto a su máxima tensión por flexión. Una vez que el panel esta en su sitio y lateralmente apoyado, las cargas reales permanentes de servicio estructural son menores. Ocurrirá agrietamiento durante el montaje cuando no se haya tendido el cuidado de efectuar una planeación apropiada que considere la geometría del muro, la localización de los vanos para puertas y ventanas, la resistencia del concreto, el recubrimiento del acero de refuerzo, y la configuración de los insertos de izaje. Pero casi siempre la causa de estas grietas es la contracción y la mayoría de ellas tuvieron su origen mientras el muro estaba en el piso. Las grietas más comunes que aparecen en los muros son:

- **Grieta de Waffle.** Es un agrietamiento reticular que ocurre sobre las varillas del armado, algunas veces sobre un área grande del muro. Estas grietas las causa la contracción excesiva, por medio de la cual las varillas crean un plano debilitado, particularmente siesta cerca de la superficie. Este tipo de agrietamiento parece prevalecer más en clima caliente y se piensa que el concreto se debilita al contacto con la varilla caliente, acentuando, por lo tanto, el plano débil. El remedio a menudo es concreto con menor revenimiento y dispersión de neblina para reducir la evaporación del agua. También ayuda el rociar las varillas antes de colar para enfriarlas.
- **Grietas verticales cercanas al centro del muro.** Se deben normalmente a la contracción en la dirección longitudinal. Esto es bastante común y sin significado estructural.
- **Grietas horizontales cercanas a la parte media del muro.** La contracción excesiva también puede causarlas, pero pueden ser el resultado de esfuerzos muy fuertes de izado. También pudieron causarlas el viento o los movimientos telúricos, ya que están en el punta de mayor esfuerzo de flexión. Algunas de estas grietas se han observados después de terremotos. También pueden resultar de la liberación del esfuerzo de alabeo.
- **Grietas diagonales en las esquinas superiores.** Son el resultado de contracciones del muro que se absorben por las varillas de la cuerda superior, estas grietas pueden minimizarse cubriendo las varillas de la cuerda entre 4 y 5 pies de distancia desde la orilla del muro.
- **Grietas diagonales en las esquinas inferiores.** Resultan normalmente de una contracción longitudinal, cuando los extremos del muro están restringidos a moverse por los cojinetes. Si no se coloca el mortero debajo del muro suficientemente rápido, el muro se encogerá y el extremo restringido por los cojinetes causara las grietas.

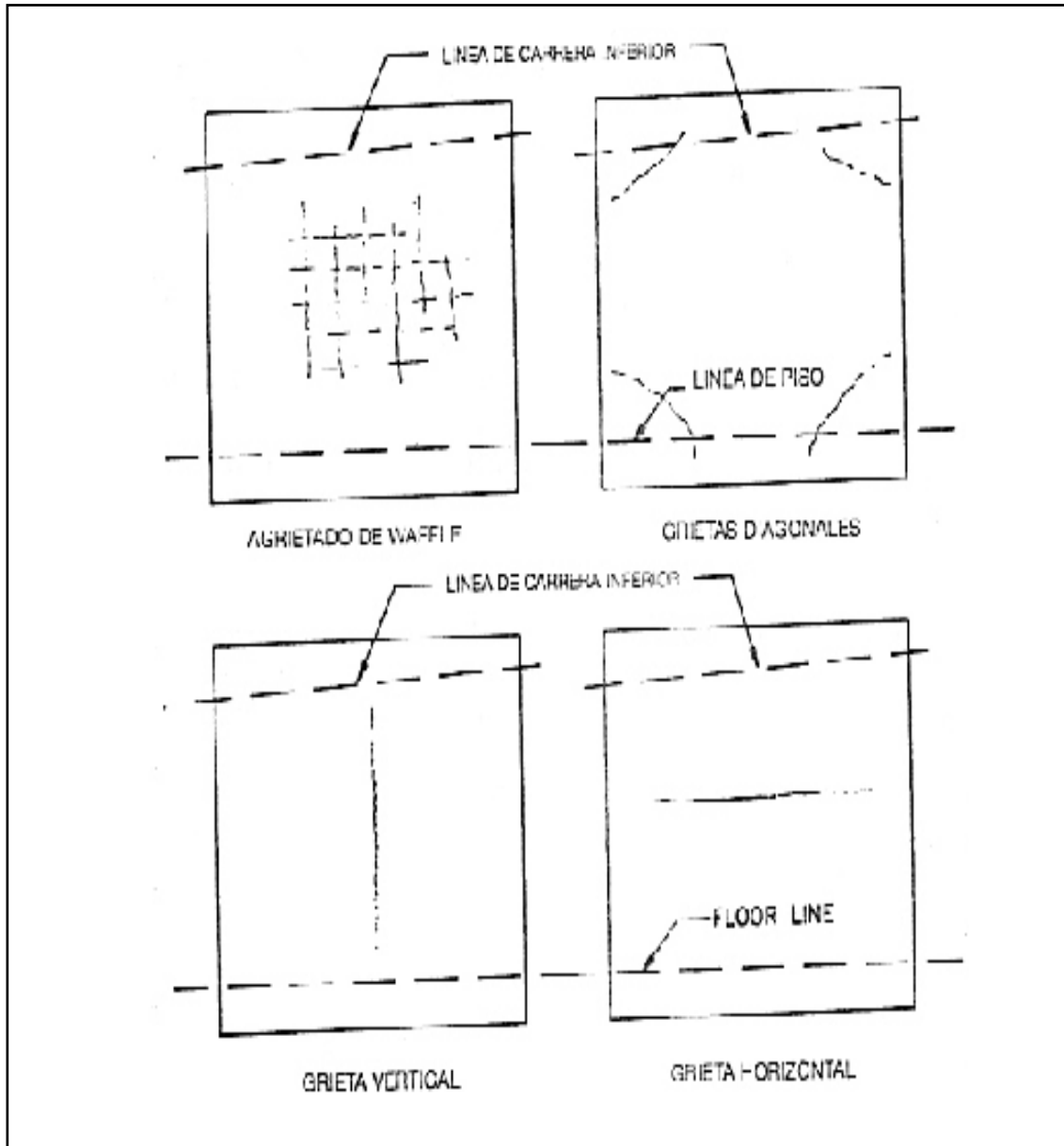
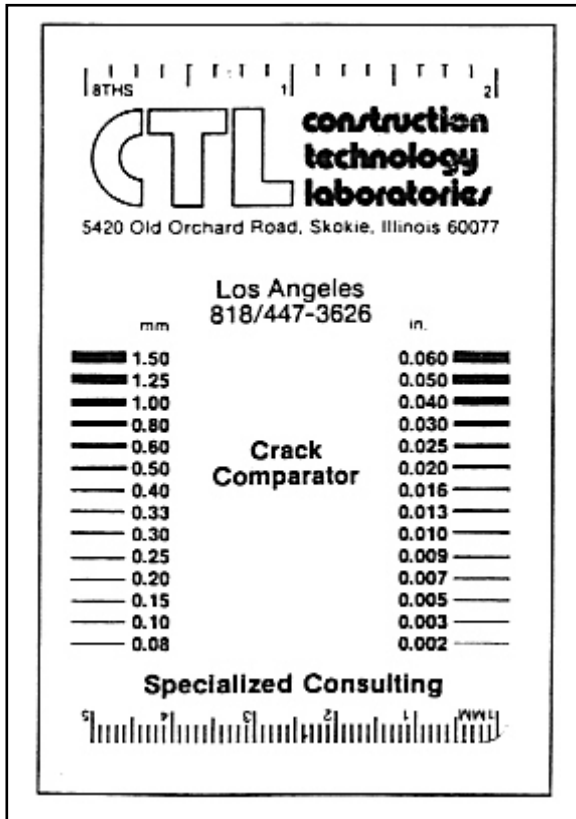


Figura 4.42 Grietas típicas en muros tilt - up.

Si ocurre, en efecto, una grieta en el panel, de todas maneras se debe colocar en su posición final en el edificio. El ingeniero de diseño debe examinar la grieta para determinar si presenta algún problema estructural. Muchas grietas no pasan a través del panel, si no que penetran únicamente hasta el acero de refuerzo. Este tipo de grieta se puede reparar fácilmente, labrándola y rezándola.

Las grietas que van totalmente a través de la sección del muro deben medirse para determinar su ancho promedio. Esto es muy simple utilizando un comparador de grietas (*ver siguiente figura*). Si la grieta es de más de 1/64 pulgadas (0.040 mm), se recomienda hacer una reparación mediante una inyección epóxica. Las grietas más pequeñas pueden dejarse así.

La inyección epóxica se puede realizar con uno de los nuevos sistemas de inyección electrónicamente controlados y altamente sofisticados, o con los más antiguos métodos de inyección como el método de puerto a puerto. El cual explicaremos a continuación:



1. Los puertos de inyección se instalan a lo largo de la grieta a un espaciamiento igual al espesor del muro. Esto permite que las grietas sean completamente llenadas con la sustancia epóxica entre los puertos de inyección. El frente y la parte posterior de la grieta entre los puertos de inyección se cubren con lechada plástica, cera selladora, o cemento hidráulico, esto para restringir el flujo solamente dentro de la grieta.

2. Se vierte en la pistola de inyección un adhesivo epóxico estructural de baja viscosidad, 100% sólido, que ha sido diseñado para bombeo. Esta sustancia epóxica debe ser fluida a temperatura del aire anticipada durante el periodo en que se programo la obra.

3. Se fija una manguera entre la boquilla de la pistola y el primer puerto de inyección. Se recomienda empezar siempre con el puerto de inyección más bajo a fin de minimizar la introducción de vacíos dentro de la grieta.

4. Aplicar una presión de 90 psi (621kPa) durante un minuto, en cada puerto de inyección, hasta que la sustancia epóxica empiece a fluir

desde el siguiente puerto a lo largo de la grieta. Este procedimiento se repite hasta que toda la longitud de la grieta quede llenada.

5. Se quitan los puertos de inyección a lo largo de la grieta, permitir que la sustancia epóxica enfurezca, y después se esmerila el sobrante. Posteriormente, se aplica el acabado final.

#### 4.6 Controles de obra.

Los controles de obra tienen como referencia los procesos constructivos definidos en las etapas de planeación y diseño, y se debe poner énfasis en las actividades tendientes a controlar los volúmenes de obra de acuerdo con el catálogo de conceptos general de los trabajos. Debe llevarse un control del valor de la obra ejecutada para fines de pago a la mano de obra, proveedores y subcontratistas, y para fines de cobro ante el cliente o los propietarios de la obra. Para fines de toma de decisiones, deben ejercerse labores de control del presupuesto para cada una de las partidas de gasto, y obtener si esto es posible, saldos favorables que puedan construir un fondo para atención de eventualidades o para enfrentar sobrecostos por cualquier causa. Durante todo el proceso de construcción, se deben realizar las actividades de control de calidad previstas en las etapas de planeación, de acuerdo con las regulaciones oficiales, o de los sistemas internos de control de calidad y la secuencia ordenada de actividades, de acuerdo con los análisis de redes y a las matrices de precedencias consideradas en la etapa de programación de obra.

#### **4.6.1 Control de avance de volúmenes de obra.**

Cualquiera que sea la modalidad de ejecución de los trabajos – mano de obra directa; mano de obra a destajo; obra subcontratada – invariablemente deben documentarse sus avances mediante el levantamiento en campo de los números generadores. Los números generadores son una memoria de cálculo que contiene la información necesaria para que cualquier persona involucrada en la obra, pueda entender los trabajos realizados, su ubicación, sus dimensiones, y puedan conocer paso a paso los cálculos efectuados para determinar la cantidad de obra ejecutada durante un periodo y por un grupo de trabajo determinado.

Los números generadores deben estar invariablemente, referenciados al contrato de obra celebrado con los directamente responsables de su ejecución: maestros de obra o subcontratistas, y al catálogo de conceptos donde se consignan los conceptos de cada trabajo, sus alcances y sus especificaciones.

Como cada concepto de obra ejecutada debe estar soportada por un número generador, cada período que puede ser semanal, deben realizarse estos levantamientos para llevar un registro del avance por volumen de obra. Para fines prácticos, la información de los números generadores se consigna en una hoja de resumen, acompañada de todas las memorias de cálculo necesarias.

Cuando resulte necesario, los números generadores deben acompañarse con croquis acotados y de ser necesario, con fotografías que permitan constar en físico de los trabajos.

Estos levantamientos de los trabajos realizados, pueden ser de utilidad cuando se requiera practicar una auditoria técnica a la obra en cuestión, ya que facilita la revisión de los supervisores externos, elimina dudas y confusiones.

Para estos efectos de control, se debe comparar los volúmenes de obra ejecutados en un periodo, contra los volúmenes previstos en el programa generales de trabajos comprometidos ante la dirección de la obra, ante los directivos de la constructora o ante los clientes. Del análisis de alguna desviación, si la existiera, se deben tomar las decisiones necesarias para evitar o resolver atrasos en las fechas comprometidas para el cumplimiento.

#### **4.6.2 Control de avance en valor de obra ejecutada.**



El valor de obra ejecutada en un periodo determinado de obra, consiste en una memoria de cálculo que consigna el valor de multiplicar el volumen de cada concepto de obra, por el correspondiente precio unitario. La suma de todos estos productos consiste en el valor de la obra ejecutada. Estos criterios se aplican para valorar la mano de obra directa, valorarlos trabajos al destajo, para valorar el trabajo de subcontratistas o para valorar el trabajo conjunto de todos los grupos que intervienen en la ejecución de las obras.

Los precios unitarios aplicables para cada uno de los casos descritos, son los que a continuación se relacionan:

Para la mano de obra directa, se aplica el precio a costo directo de la mano de obra consignada en los análisis de precios unitarios, a los que se les debe adicionar los cargos por el pago a los mandos intermedios, y los cargos por herramienta menor y las prestaciones de ley. Además, debe considerarse el costo de los materiales utilizados, considerando los desperdicios autorizados en la etapa de análisis, y el costo de renta o amortización y de operación de equipos.

Para los trabajos al destajo, se aplica el precio a costo directo de mano de obra consignada en los análisis de precios unitarios, los que contienen los cargos por el pago a los mandos intermedios, y los cargos por herramienta menor. Se debe adicionar el cargo por las prestaciones de ley. Además, debe considerarse el costo de los materiales utilizados considerando los desperdicios autorizados en la etapa de análisis, y el costo de renta o de amortización y de operación de equipos.

Para los trabajos al subcontrato, se aplican los precios acordados ante el subcontratista en las etapas de negociación, los cuales incluyen los cargos por mano de obra directa, los mandos intermedios, las prestaciones de ley, la herramienta menor y el costo de renta o de amortización y de operación de equipos. Además, consideran los cargos por administración de obra, por administración de oficina central y una utilidad por el subcontratista. Si se ha convenido el suministro por parte de la constructora, de los materiales necesarios, se debe considerar el cargo de tales insumos con los desperdicios autorizados en la etapa de análisis.

El valor consolidado de los trabajos ejecutados por todos los grupos debe considerar el precio unitario total por concepto acordado ante la dirección de la obra, los directivos de la constructora o ante los propietarios del proyecto. Estos precios unitarios consideran todos los cargos en los que se puede incurrir, tanto en al obra, como en las oficinas de administración central, deben considerar cargos como la constitución de garantías por cumplimiento y calidad de obra, garantías para la buena aplicación de los anticipos, costos financieros si se incurriere en ellos, y una utilidad esperada por parte de la constructora.

Las memorias de valor de obra ejecutada acompañadas por los números generadores, constituyen el documento fuente para el pago de estimaciones de obra ejecutada que presentan periódicamente ante la empresa constructora, o ante los propietarios del proyecto.

Para efectos prácticos, las estimaciones de obra, o memorias de valor de obra ejecutada, regularmente se acompañan de documentos adicionales de soporte:

- Información general del contrato y resumen de valor de obra
- Números generadores
- Fotografías
- Hojas de bitácora
- Estados de cuenta del importe total del contrato
- Estados de cuenta de la amortización de anticipos
- Reportes de la pruebas de calidad

Para efectos de control, se debe comparar los valores de obra ejecutados en un período, contra los valores previstos en los programas generales de trabajo comprometidos. Del análisis de alguna desviación si la existiera, se deben tomar las decisiones pertinentes.

#### **4.6.3 Seguimiento de actividades críticas.**

En la etapa de planeación y de programación se define la secuencia correcta de actividades de acuerdo con una secuencia lógica, y la matriz de precedencias define cual actividad debe ir primero que otra.

Esta herramienta fundamental de planeación le permite al analista la definición de la cadena de actividades con holgura de tiempo cero, esto es se define el grupo de actividades que integran la *ruta crítica*.

Por su sensibilidad en el posible retraso de los trabajos, es recomendable poner atención al desarrollo y buen término de cada una de las actividades de esta ruta crítica, tales como los que se enumeran a continuación.

La determinación de los insumos requeridos para realizar cada uno de estos trabajos, el proveedor o proveedores seleccionados, la fabricación de tales insumos, su origen, medio de transporte y fecha probable de entrega; la determinación de los directamente responsables de la realización de las obras, de su calificación técnica, número mínimo de operarios, equipos necesarios plenamente operativos, herramientas especiales y métodos constructivos conocidos cabalmente, y la experiencia de tales operarios en trabajos similares; realización completa y conforme a especificaciones de actividades previas y siguientes para evitar el mínimo retraso.

La responsabilidad del director de la obra tener siempre a la vista la consecución de estas actividades, por lo que puede asignarse a un técnico asistente la tarea de dar seguimiento diario al avance de cada una de las actividades de la ruta crítica, emitir reportes cotidianos de las acciones tomadas, y de las desviaciones que puedan presentarse para tomar en forma oportuna las decisiones convenientes.

El seguimiento de actividades críticas puede apoyarse en listas de revisión, en visitas periódicas a proveedores y subcontratistas, para garantizar que en tiempo se han realizado los trabajos y las actividades necesarias, tales como fabricación, transportación y entrega de insumos, a los cuales se les debe aplicar las pruebas de calidad, y en lo oportuno suministro de herramientas y equipos, que se han localizado, contratado y se encuentran a disposición los operarios en número suficiente. (*ver programa de obras*)

Si alguna de estas actividades sufre retraso por cualquier motivo, el director de obra, junto con el área de planeación, debe haber considerado rutas alternativas de acción para superar las desviaciones, y debe analizar con anticipación el impacto en costos de cada una de ellas.

Ocasionalmente, pueden realizarse las actividades en un tiempo menor de lo programado, lo cual genera la posibilidad de contar con holguras para enfrentar cualquier eventualidad, o a juicio del director de la obra, con el apoyo del área de planeación, definir otro grupo de las actividades que pueden tornarse críticas.

#### **4.6.4 Registros fotográficos.**

Los registros fotográficos y en video son solamente elementos auxiliares para integrar la memoria gráfica de las obras realizadas. Para que estos registros resulten de utilidad, es recomendable estructurarlos de acuerdo con un procedimiento que permita acceder a la información de cada una de las fotografías o a las cintas en video.

En la actualidad existen equipos de buena calidad que permiten tomar fotografías a costos razonables. Es recomendable utilizar formatos comerciales que puedan ser procesados en un sin número de establecimientos especializados, tales como cámaras de 35 mm. De requerirse una mejor calidad, se puede recurrir a los servicios de un fotógrafo profesional que tome fotografías en otro formato. Algunos equipos permiten el registro de ciertos datos relevantes, pero no todo, Tales como la fecha y hora de la toma que quedan registradas en la misma fotografía. Pero como norma, todas las fotografías deben estar identificadas a un mayor nivel de detalle. Para estos fines, es inevitable la inclusión dentro de la toma, de un formato que contenga algo más de información como:

- Identificación de frente
- Ubicación del sitio de la toma
- Contenido de la toma
- Fecha de la toma
- Nombre de quien registra la toma
- Identificación del rollo

Las tomas en video deben tener información de la identificación necesaria al inicio de las tomas, para que si se requiere de los servicios de edición profesional del video, se cuente con los datos necesarios.

Como orientación general acerca de los contenidos, se enuncian algunos de los asuntos que resultan recomendables registrar en fotografía, en video o en ambos.

- Procesos constructivos
- Dispositivos ocultos
- Armados
- Rechazos por calidad
- Eventualidades de obra por accidentes o siniestros
- Avances de actividades críticas.

Todos los negativos de las fotografías deben conservarse en orden secuencial de fechas, en hojas de plástico transparente con identificación del número de rollo, y se debe acompañar de una hoja de resumen de los contenidos para referencias rápidas,

Las cintas de video deben asimismo, conservar en orden secuencial de fechas y con hojas de información de contenidos para referencias rápidas.

Tanto los negativos como los videos, deben conservarse en instalaciones de la residencia y su acceso debe estar restringido al personal técnico de la residencia y al personal de la supervisión.

Los registros deben cerrarse al término de la obra, ya que pueden documentar la memoria técnica de los trabajos y pueden ser de utilidad para la consulta de procesos o errores cometidos en las obras realizadas, para su corrección en futuras contrataciones.

#### **4.6.5 Integración de documentos para la presentación de avances y cobros.**

Para el caso de que la obra sea ejecutada con recursos propios de la constructora, la integración de las estimaciones generales de obra, solamente sirven para controlar el avance de los trabajos en función de su valor, y se requiere de la documentación para soportar el apego a los trabajos, a las especificaciones acordadas y autorizadas por la constructora.

Para el caso de que la obra se realice con recursos de otras instancias diferentes a la constructora, en forma parcial o total, las estimaciones de obra son un documento valioso para proporcionar el retorno de los recursos para cubrir el costo incurrido en las obras, y par apoyar financieramente, la continuación de los trabajos de ser el caso.

Las estimaciones generales de avance o de finiquito, deben acompañarse con los siguientes documentos:

- Presupuesto

- Números generadores
- Estimaciones
- Pruebas de calidad
- Hojas de bitácora
- Fotografías
- Reportes de almacén
- Estados de cuenta por anticipo, amortizaciones y retenciones.

#### **4.7 Entrega y recepción del proyecto.**

En medio de la construcción es frecuente enfrentar dificultades para poder dar por terminados los trabajos de construcción, ya que existe un número importante de conceptos que deben de ser realizados por un número también grande de operarios de diferentes oficios, y por las dificultades para su coordinación, las terminaciones de obra sufren retrasazo de alguna importancia.

Un concepto que presenta especial dificultad, es el detallado de obra y limpieza para fines de entrega, que bien puede calificarse como un proceso de aproximaciones sucesivas, debido a que lo que arregla un grupo de trabajadores, es deteriorado por otro grupo.

Para dar por terminados los trabajos deben cubrirse ciertos requisitos de carácter administrativos, como la integración de las garantías de calidad de obra y de protección contra vicios oculto. Además, la documentación de soporte par el ejercicio de recursos debe estar complementada revisada y aprobada por la supervisión, y debe estar completa y acompañada de los soportes necesarios.

Un caso especial lo constituye la intervención de las autoridades municipales para autorizar la operación y habilidad de los inmuebles.

Una vez que se han cubierto todos los requisitos de operación, habilidad, documentación de obra y se han constituido las garantías necesarias, puede celebrarse el protocolo de entrega – recepción de obra, que libera los finiquitos de obra, e inicia el plazo de vigencia de las garantías.

- **Recepción final de obra.**

Para poder dar por terminados los trabajos de construcción en su conjunto, se puede seguir una metodología similar a la apuntada para recepciones parciales.

##### **1) Limpieza de sitio y retiro d equipos**

En su oportunidad, la dirección de obra debe ordenar el retiro y desmantelamiento de la residencia de obras y de las obras provisionales. Para efectos de entrega de trabajos, el espacio de las obras debe encontrarse libre de instalaciones eléctricas o hidráulicas de carácter provisional, y libre de otro tipo de obras, y debe encontrarse completamente terminados.

##### **2) Documentación de la obra**

La documentación de soporte de los trabajos contratados y por el pago de estimaciones, debe estar completa, ordenada y contenida en archivos que faciliten su acceso o consulta. Debe estar revisada y autorizada por la supervisión externa.

##### **3) Integración de garantías**

Deben constituirse las garantías contra vicios ocultos, o de ser el caso se debe constituir un fondo con las retenciones que han operado en las estimaciones de obra, y se debe precisar el plazo para su liberación.

##### **4) Pruebas de operación y ajustes de equipos**

Si se han instalado equipos electromecánicos o electrónicos, se deben realizar las pruebas de calibración y de ajuste, para que tales dispositivos se encuentren en coediciones de operación.

#### **5) Pruebas de operación y ajuste de instalaciones**

La revisión de las instalaciones la debe realizar personal de la supervisión, para garantizar que las instalaciones operen adecuadamente, de que no se observen deterioros o que existen errores de carácter técnico.

#### **6) Revisiones de programas, presupuestos y apego a especificaciones**

Se debe practicar una revisión con apego a programas, presupuestos y especificaciones, se debe explicar y justificar las desviaciones reportadas conforme a los programas autorizado, o al aumento o disminución de volúmenes, cambio en las especificaciones o d los procesos constructivos.

#### **7) Registros fotográficos**

Se debe integrar una memoria gráfica de los trabajos realizados en forma cronológica, con la información suficiente para soportar revisiones posteriores a la terminación de las obras, todo esto de acuerdo con las normas para la integración de reportes gráficos dictados por la propia constructora.

#### **8) Cierre de almacén**

Se debe revisar las existencias del almacén y debe proporcionarse el retiro de materiales útiles a otro almacén de la propia constructora, como paso previo a la desmantelamiento del almacén de la obra.

#### **9) Revisión de inventarios de herramienta y equipos**

Debe emitirse un reporte del estado físico de herramientas especiales y equipos, y debe proporcionarse la concentración de estos equipos a otros sitios propiedad de la constructora, y de ser el caso, programar la reparación y el mantenimiento preventivo o correctivo de estos implementos.

#### **10) Definición y solución de pendientes y fijación de plazos**

Cuando la supervisión externa practica revisiones a trabajos reportados como terminados, es frecuente observar la presencia de pequeños deterioros en los acabados, o en el proceso utilizado para construir las obras. Para poder aceptar tales trabajos, la supervisión externa de emitir ante la residencia de obra, un reporte de las observaciones y se debe negociar un plazo para atender las irregularidades detectadas y poder recibir las obras.

#### **11) Cierre de bitácora**

Como resultado de las revisiones de la supervisión externa, se deben asentar en la bitácora las observaciones detectadas, los plazos negociados para terminar los detalles, y en su oportunidad, consignar en la bitácora la terminación de los trabajos y dar por cumplidos los servicios contratados, cancelando los espacios libres de la bitácora.

#### **12) Finiquitos de obra**

El finiquito de obra es el último pago que recibe el contratista, por lo que la supervisión externa debe asegurarse de que se han realizado las revisiones pertinentes y se han atendido todos los pendientes señalados; que los aspectos de carácter contable y administrativo se han cubierto, y se han integrado las garantías necesarias. Solamente entonces puede liberarse el finiquito de obra.

#### **13) Acta de entrega de recepción**

Cuando se han cubierto los requisitos enunciados con anterioridad, se puede formalizar la entrega – recepción de los trabajos, mediante el perfeccionamiento de un acta en la que intervienen la dirección de la obra o la residencia, la supervisión externa, el laboratorio, y el área de administración de la residencia. La estructura del acta puede contener los siguientes aspectos:

- Declaraciones
- Nombre y calidad de quienes intervienen
- Lugar y fecha
- Objetivo
- Resultado de las revisiones practicadas
- Integración y liberación de garantías
- Firmas.

## CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo de titulación se cumplió con el objetivo planteado en un principio, el cual pretendía hacer un análisis de los aspectos que intervienen en el diseño y construcción cuyo proyecto se base en el sistema de muros Tilt-up. Es decir que dentro de este trabajo se hizo el desarrollo de las partes principales con que debe contar cualquier proyecto del tipo tilt-up para su correcta ejecución, partiendo del conocimiento estructural del mismo.

En cada uno de los apartados se estudió detenidamente y se le dio un enfoque práctico y sencillo. Se logro plantear la importancia de todos estos temas dentro de la construcción de una nave industrial utilizándolos como puntos de apoyo en la ejecución de la misma.

La importancia de este trabajo se enfoco en la descripción de todos los conocimientos que se aprendieron durante la participación práctica en una obra desarrollada por el sistema de muros Tilt-up. Como se puede observar, de acuerdo con todo lo expuesto anteriormente, el proyecto expuesto es típico de una construcción con el sistema de Tilt – up, en el que se emplearon las técnicas básicas del sistema y los elementos más característicos, lo que permitió el aprovechamiento máximo de las ventajas que este método puede ofrecer.

Se les dio principal énfasis a todos los aspectos y elementos que intervienen de forma directa durante el desarrollo de la obra, ya que en estos temas radica la importancia del éxito de la misma. Es decir, que una vez que se han establecido todos los elementos se determinarán los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción, así como los métodos constructivos que se emplearán.

En el área de la construcción es, es muy importante reducir al mínimo posible los tiempos de ejecución de la obra sin que esto provoque un alza en el costo de la misma , lo cual significa que debemos buscar el punto óptimo en la curva costo - tiempo , considerando también el costo por volumen de obra de acuerdo al método de construcción a emplear. En consecuencia es necesario desarrollar nuevos métodos, que en conjunto con los avances tecnológicos permitan cumplir con este objetivo.

Como conclusión a este trabajo de titulación se puede decir que se cumplió con la finalidad planteada, ser un contacto real, practico y sencillo con el mundo de las empresas constructoras que desarrollen esta técnica constructiva, las cuales estarán esperando a profesionistas preparados y consientes de la situación que los rodea.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

Hugh Brooks , The Tilt – Up Dising and Construction Manual , cuarta edición, Tilt – Up Concrete Association, EUU, 1997.

ACI 302 IR-80 Instituto Mexicano del Cemento y de el Concreto A.C, Construcción de losas y pisos de concreto, sexta edición, México, Ed. Limusa, 1989.

Joseph J. Waddel y Josseph A. Dobrowolki, Manual de la construcción del concreto tomo I, tercera edición, México, Ed. Mcgraw – Hill, 1997.

Fernando Olivera Bustamante, Estructuras de las Vías Terrestres, octava edición, México, Ed. CECSA, 1996.

Harry Parker y James Ambrose, Diseño Simplificado de Concreto Reforzado, sexta edición, México, Ed. Limusa, 2000.

William G. Rapp, Montaje de Estructuras de Acero en la Construcción de Edificios, quinta edición, México, Ed. Limusa, 2000.

Leopoldo Varela Alonso, Costo de Construcción Pesada y Edificación, segunda edición, México Ed. Compuobras, 1984.

J. G. Richarson Practicas de Construcción, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C, Ed. Limusa, México 1998.

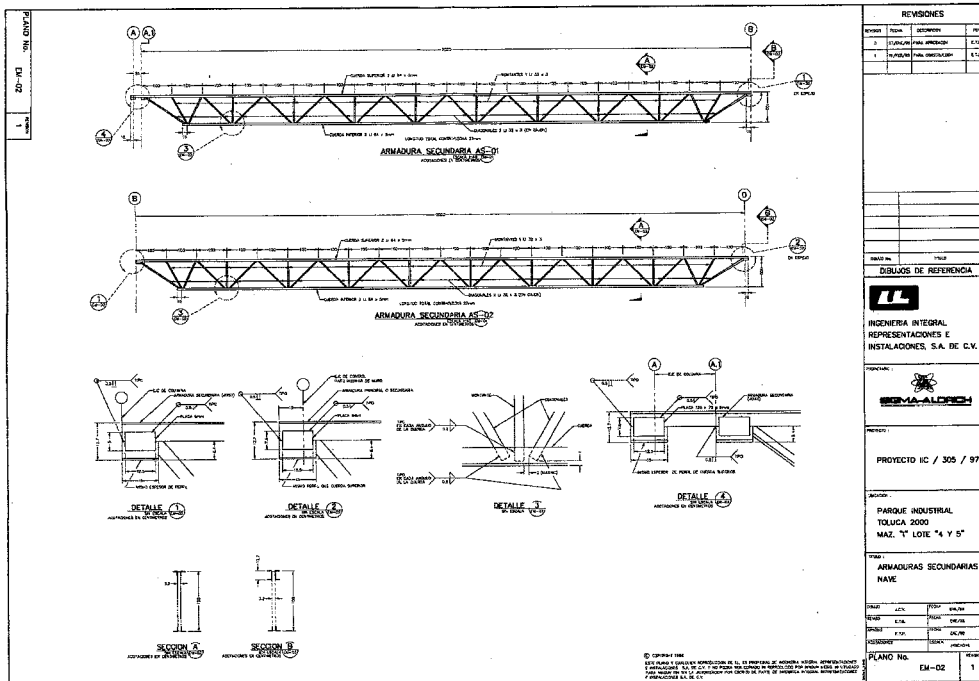
Robert Nonnast, El Proyectista de Estructuras Metálicas tomos I y II, tercera edición, España, Ed. Paraninfo, 2000.

Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos tomo I y II, sexta edición, México, Ed. Limusa, 1994.

Sepp Rixner y Hans Schindelbeck, Fundamentos sobre la compactación del Hormigón, primera edición, Alemania, Waker – Werke GmbH and Co. KG, 1999.







**REVISIONES**

NO.	FECHA	REVISIONES	ELAB.
0		ELABORACION PARA ARMADOR	K.A.R.
1		REVISADO PARA INSTALACION	K.T.R.

**DIBUJOS DE REFERENCIA**



INGENIERIA INTEGRAL  
REPRESENTACIONES E  
INSTALACIONES, S.A. DE C.V.



PROYECTO IC / 305 / 97

PARK INDUSTRIAL  
TOLUCA 2000  
MAZ. 1º LOTE 4 Y 5

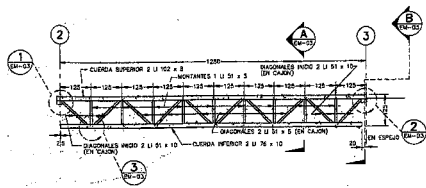
ARMADURAS SECUNDARIAS  
NAVE

FECHA	ELAB.	REVIS.
	K.A.R.	K.T.R.
	K.T.R.	K.A.R.
	K.A.R.	K.T.R.
	K.T.R.	K.A.R.

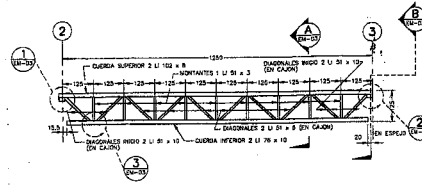
PLANO NO. EM-02 1

PLANO No. EM-03

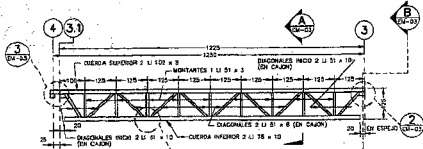
REVISIÓN 2



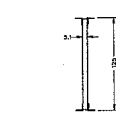
ARMADURA PRINCIPAL AP-01  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



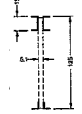
ARMADURA PRINCIPAL AP-02  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



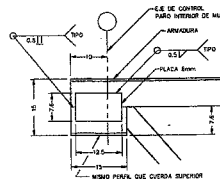
ARMADURA PRINCIPAL AP-03  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



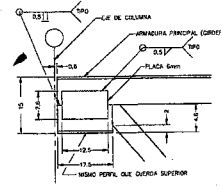
SECCION A  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



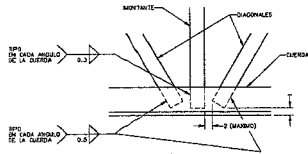
SECCION B  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



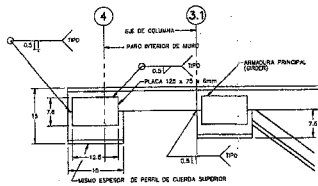
DETALLE 1  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



DETALLE 2  
ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS



DETALLE 3  
EN ESCALA 1:25



DETALLE 4  
EN ESCALA 1:25  
ACOTACIONES EN CENTÍMETROS

REVISIONES

REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
1	26/JUN/99	PARA CONTROL	S.F.B.
2	24/FEB/99	MODIFICACION E.E 4	A.T.B.

EM-02	ESTRUCTURA METALICA MATERIA PRIMA
EM-01	ESTRUCTURA METALICA MATERIA PRIMA
PROYECTO No.	ESTILO

DIBUJOS DE REFERENCIA



INGENIERIA INTEGRAL  
REPRESENTACIONES E  
INSTALACIONES, S.A. DE C.V.

PROPIETARIO:



PROYECTO 1:

PROYECTO IIC / 305 / 97

LUGAR:

PARQUE INDUSTRIAL  
TOLUCA 2000  
MAZ. 1º LOTE "4 Y 5"

ESTILO:

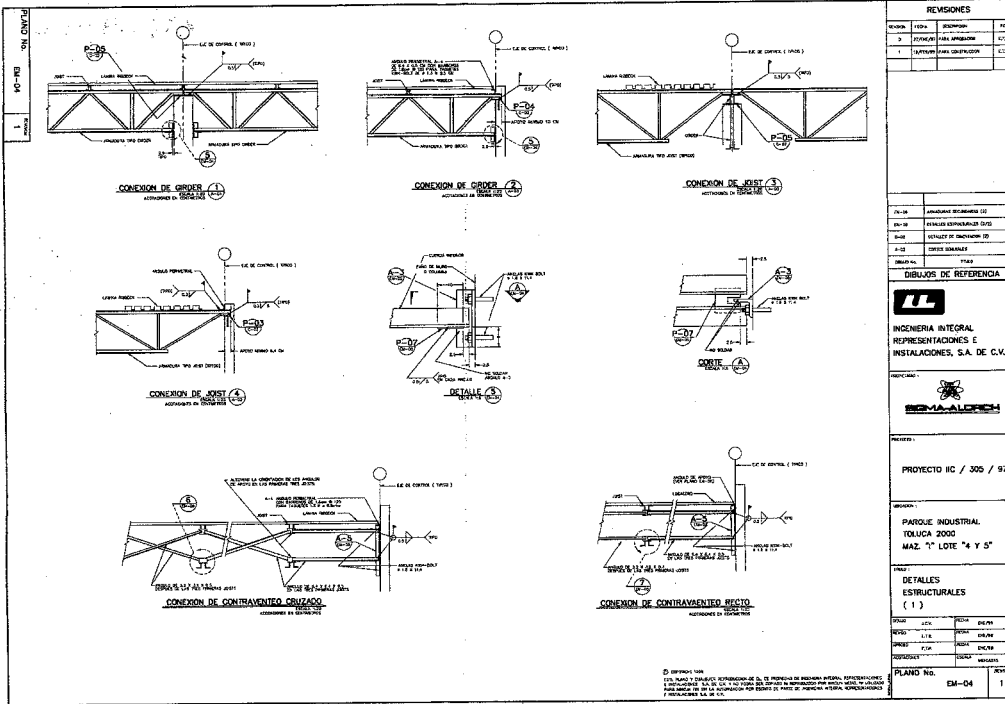
ARMADURAS  
PRINCIPALES  
NAVE

DIBUJO	A.C.R.	FECHA	ENG./PR
REFISO	E.T.B.	FECHA	ENG./PR
PROYECTO	E.T.P.	FECHA	ENG./PR
ACOTACIONES	ESCALA	INDICADAS	

PLANO No.	REVISION
EM-03	2

© COPYRIGHT 1998

ESTE PLANO Y CUALQUIER REPRODUCCION DE EL, ES PROPIEDAD DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V. Y NO PODRA SER COPIADO NI REPRODUCCION POR NINGUN MEDIO, NI UTILIZADO PARA NINGUN FIN EN LA AUTORIZACION POR ESPORTE DE PARTIR DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.



REVISIONES			
NO.	FECHA	DESCRIPCION	IMP.
1		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.
2		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.
3		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.

DIBUJOS DE REFERENCIA	
01-10	ANEXOS DE 1000/1000
02-10	ANEXOS DE 1000/1000
03-10	ANEXOS DE 1000/1000
04-10	ANEXOS DE 1000/1000
05-10	ANEXOS DE 1000/1000

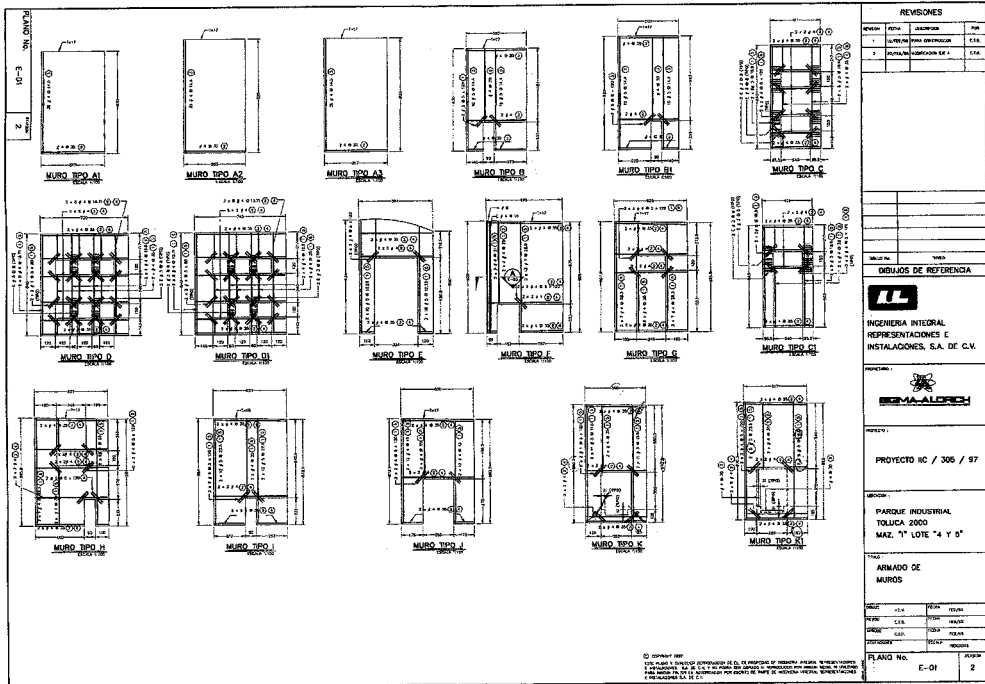
  

<b>INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.</b>																	
PROYECTO IC / 305 / 97																	
PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 MAZ. 1° LOTE "A Y B"																	
DETALLES ESTRUCTURALES ( 1 )																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>IMP.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>REVISION PARA APROBACION</td> <td>C.T.A.</td> </tr> </tbody> </table>	NO.	FECHA	DESCRIPCION	IMP.	1		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>IMP.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>REVISION PARA APROBACION</td> <td>C.T.A.</td> </tr> </tbody> </table>	NO.	FECHA	DESCRIPCION	IMP.	1		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.
NO.	FECHA	DESCRIPCION	IMP.														
1		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.														
NO.	FECHA	DESCRIPCION	IMP.														
1		REVISION PARA APROBACION	C.T.A.														
PLANO No. EM-04	Hoja 1																

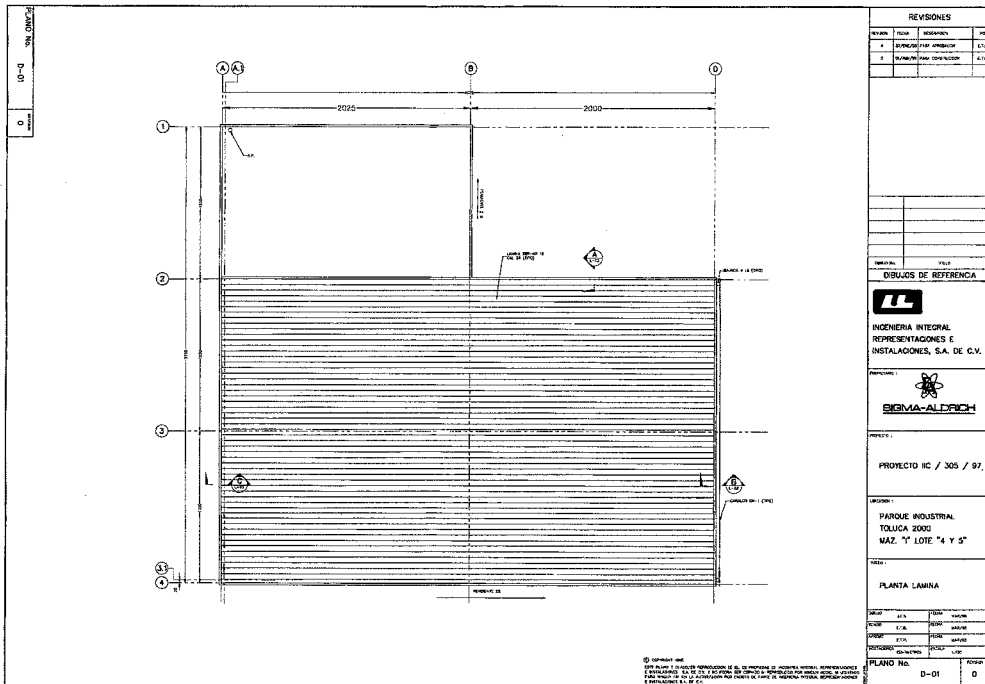
DISEÑADO POR: [Nombre]
   
 VERIFICADO POR: [Nombre]
   
 APROBADO POR: [Nombre]
   
 ELABORADO POR: [Nombre]
   
 REVISADO POR: [Nombre]
   
 AUTORIZADO POR: [Nombre]











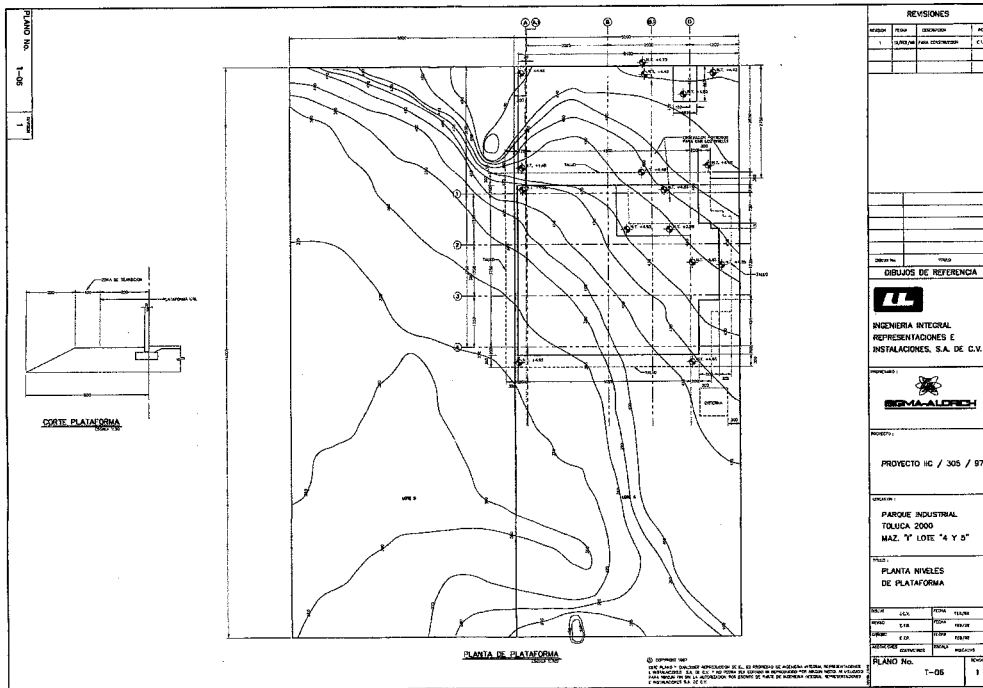
© SIGMA-ALFRICH S.A.  
 SE AUTORIZA LA REPRODUCCION DE ESTE DISEÑO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE PARA EFECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, SIN QUE SE PERMITA LA REPRODUCCION PARA EFECTOS DE DISTRIBUCION, VENTA O CUALQUIER OTRO FIN COMERCIAL. SIGMA-ALFRICH S.A. DE C.V.

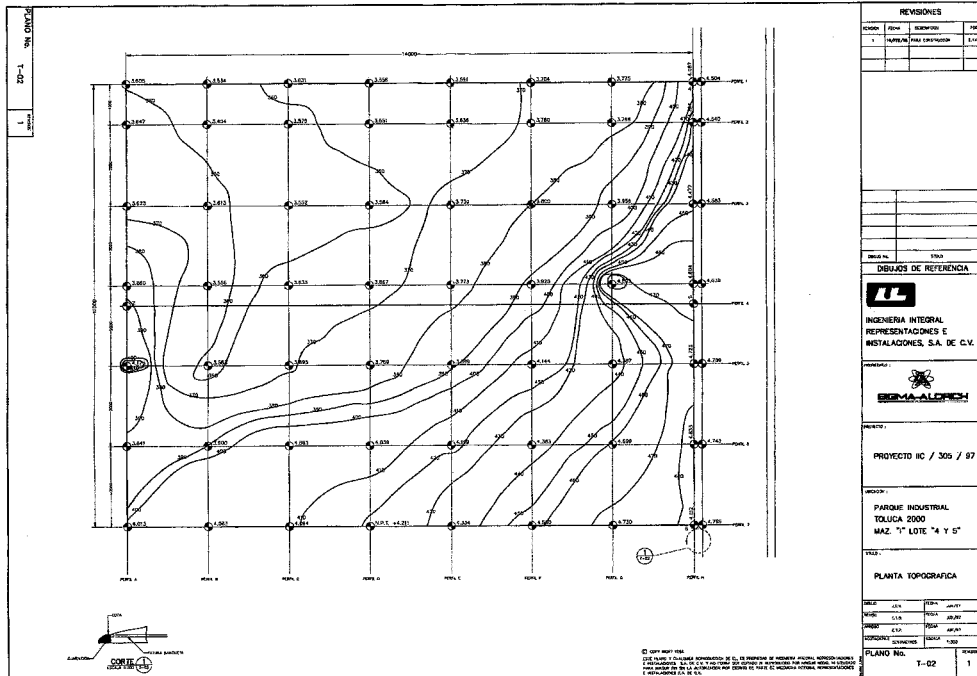












REVISIONES

ORDEN	FECHA	CONTENIDO	HECHO
1		ELABORACION DEL DISEÑO	S.M. CIVIC

DESAFOS DE REFERENCIA

**INGENIERIA INTEGRAL**  
 REPRESENTACIONES E  
 INSTALACIONES, S.A. DE C.V.

**SEMA-ALFRECH**

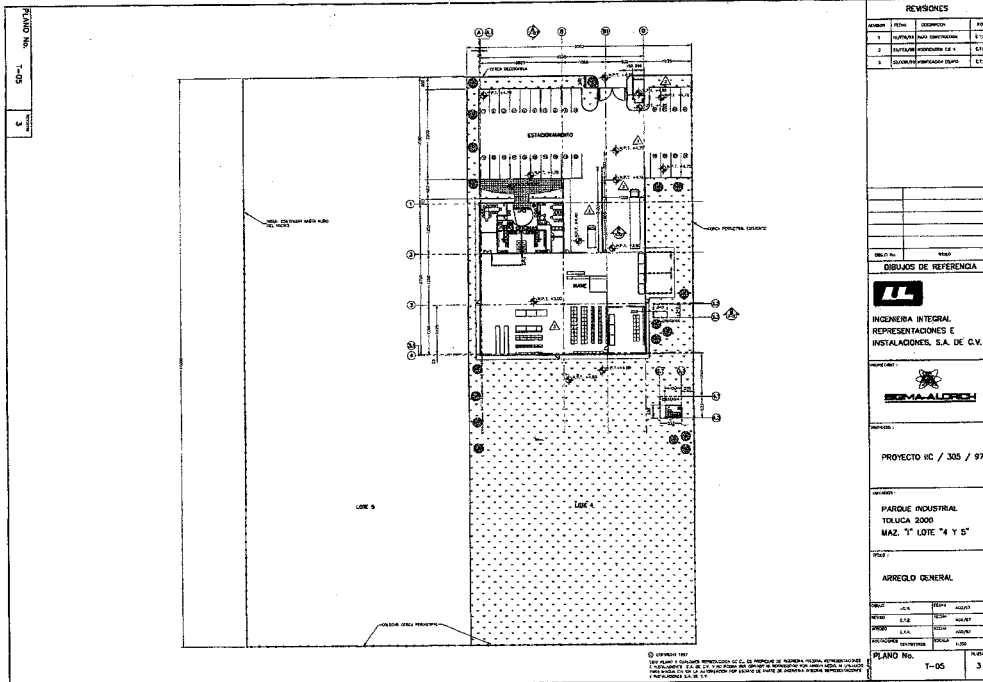
PROYECTO IC / 305 / 97

PARQUE INDUSTRIAL  
 TOLUCA 2000  
 MAZ. "1" LOTE "4 Y 5"

PLANTA TOPOGRAFICA

PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA	TOTAL
IC / 305 / 97	1997	1:500	1	1

PLANO NO. T-02



REVISIONES			
ORDEN	FECHA	DESCRIPCION	POR
1	10/11/97	REVISAR	E.T.A.
2	10/11/97	REVISAR	E.T.A.
3	10/11/97	REVISAR	E.T.A.

DIBUJOS DE REFERENCIA	
NO. DIBUJO	FECHA

**INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.**

**SEMAALCOCH**

PROYECTO IC / 305 / 97

PARQUE INDUSTRIAL  
TOLUCA 2000  
MAZ. 1º LOTE "4" Y "5"

ARREDOLO GENERAL

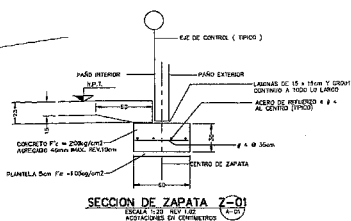
FECHA	ELAB.	REVIS.	APROB.

PLANO No. T-05 3

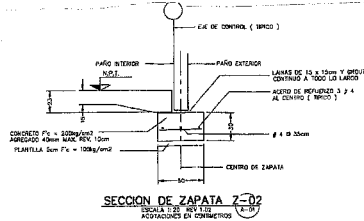


10-C-01

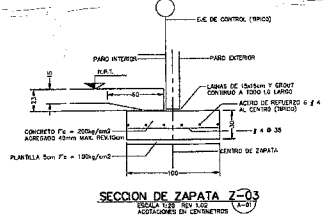
Z



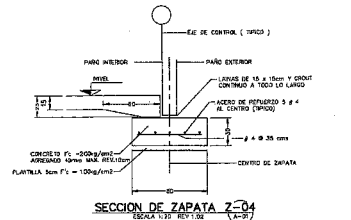
SECCION DE ZAPATA Z-01  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



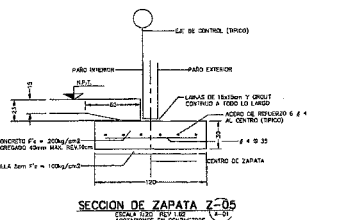
SECCION DE ZAPATA Z-02  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



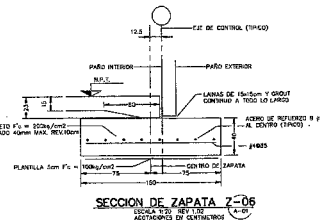
SECCION DE ZAPATA Z-03  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



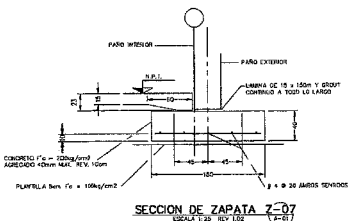
SECCION DE ZAPATA Z-04  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



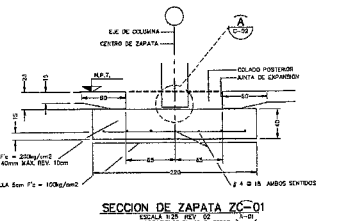
SECCION DE ZAPATA Z-05  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



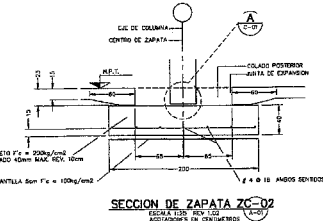
SECCION DE ZAPATA Z-06  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



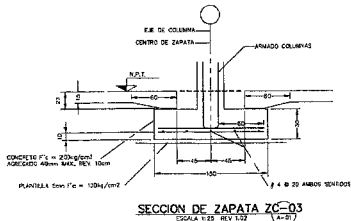
SECCION DE ZAPATA Z-07  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



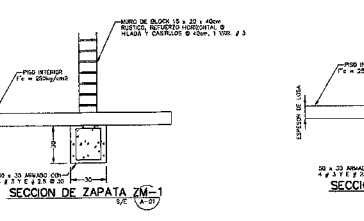
SECCION DE ZAPATA ZC-01  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



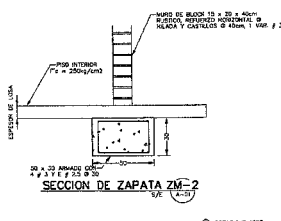
SECCION DE ZAPATA ZC-02  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



SECCION DE ZAPATA ZC-03  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



SECCION DE ZAPATA ZM-1  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS



SECCION DE ZAPATA ZM-2  
ESCALA 1:25 REV. 10/10  
ACOTACIONES EN CENTIMETROS

© COPYRIGHT 1988

ESTE PLANO Y CUALQUIER REPRODUCCION DE ELLO ES PROPIEDAD DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V. Y NO DEBE SER COPIADA NI REPRODUCIDA SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE DICHA EMPRESA. PARA OBTENER EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE PARTE DE DICHA EMPRESA REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.

REVISIONES			
REVISION	FECHA	DESCRIPCION	PO
1	10/10/88	PARA CONSTRUCCION	E.T.B.
2	10/10/88	MODIFICACION E.E. 4	E.T.B.

DEBIDA No.	TITULO
	DIBUJOS DE REFERENCIA

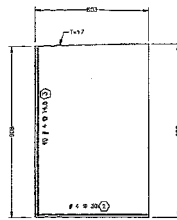
  

<b>INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.</b>			
PROYECTO:  <b>SIGMA-ALDRICH</b>			
PROYECTO: <b>PROYECTO IC / 305 / 97</b>			
LABORATORIO: <b>PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 MAZ. "I" LOTE "4 Y 5"</b>			
TITULO: <b>DETALLES DE CIMENTACION</b>			
DIBUJO	SECC.	FECHA	ENC./RB
TIPO	E.T.B.	FECHA	ENC./RB
PROYECTO	E.T.B.	FECHA	ENC./RB
ACOTACIONES	ESCALA	MODIFICACIONES	
<b>PLANO No.</b>			REVISION <b>C-01</b> <b>2</b>

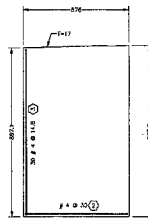




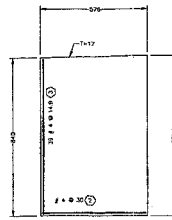




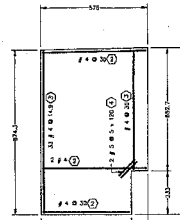
MURO TIPO I  
ESCALA 1:100



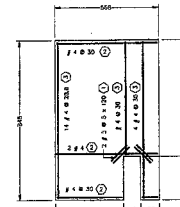
MURO TIPO M  
ESCALA 1:100



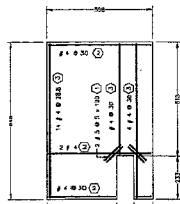
MURO TIPO N  
ESCALA 1:100



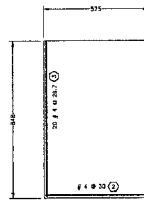
MURO TIPO O  
ESCALA 1:100



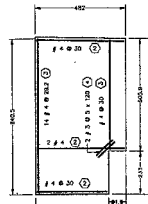
MURO TIPO P  
ESCALA 1:100



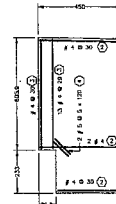
MURO TIPO P  
ESCALA 1:100



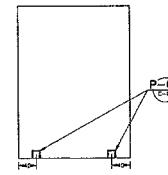
MURO TIPO Q  
ESCALA 1:100



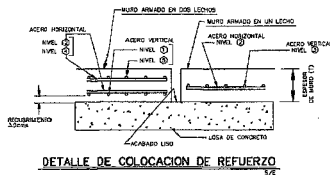
MURO TIPO R  
ESCALA 1:100



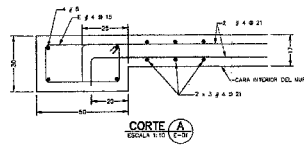
MURO TIPO R1  
ESCALA 1:100



UBICACION DE PLACAS DE CONEXION  
ESCALA 1:100



DETALLE DE COLOCACION DE REFUERZO  
V-A



CORTE A  
ESCALA 1:10

REVISIONES

REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
1	12/19/98	PARA CONSTRUCCION	E.T.B.
2	20/10/98	MODIFICACION L.R. 4	E.T.B.

FORMA No. TITULO

DIBUJOS DE REFERENCIA



INGENIERIA INTEGRAL  
REPRESENTACIONES E  
INSTALACIONES, S.A. DE C.V.

PROPIETARIO:



PROYECTO:

PROYECTO IIC / 305 / 97

VELOCIDAD:

PARQUE INDUSTRIAL  
TOLUCA 2000  
MAZ. "I" LOTE "4 Y 5"

TITULO:

ARMADO DE  
MUROS

OPERA	AC.V.	FECHA	INDICACIONES
REVISO	E.T.B.	FEV/98	
APROBO	E.T.A.	FEV/98	
ASOCIACIONES	ESCALA	INDICACIONES	

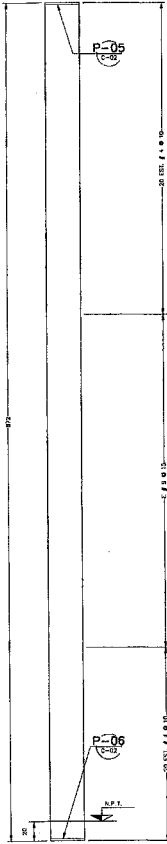
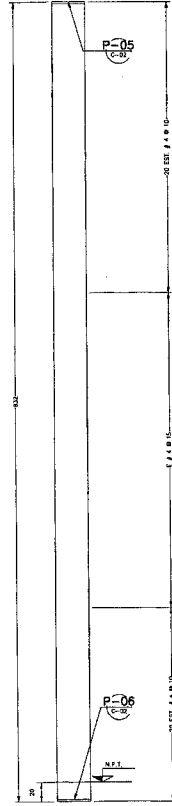
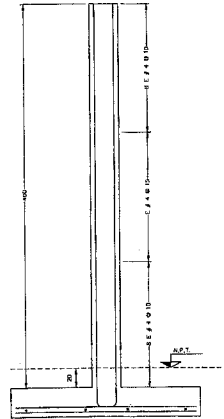
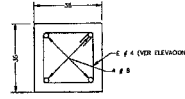
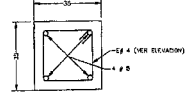
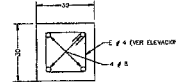
PLANO No. E-03 REVISION 2

© CIP-INDIA 1987

ESTE PLANO Y CUALQUIER REPRODUCCION DE EL, ES PROPIEDAD DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V. Y NO PUEDE SER USADO NI REPRODUCCION POR TERCERAS PERSONAS SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE LA FUNDACION POR ESCRITO DE PARTE DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.

AÑO No.

E-02

REVISIÓN  
2COLUMNA  
ESCALA 1:20COLUMNA  
ESCALA 1:20COLUMNA  
ESCALA 1:20COLUMNA  
ESCALA 1:10COLUMNA  
ESCALA 1:10COLUMNA  
ESCALA 1:10

REVISIONES			
REVISION	FECHA	DESCRIPCION	POR
1	15/02/98	PARA CONSTRUCCION	E.T.B.
2	25/07/98	MODIFICACION E.C. 4	E.T.B.

C-02	DETALLES DE CONCRETACION (C)		
IM-01	PLANTA ESTRUCTURAL		
DIBUJO No. TITULO			
DIBUJOS DE REFERENCIA			
 <b>INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.</b>			
PROPIETARIO:  <b>SIGMA-ALFA</b>			
PROYECTO: <b>PROYECTO IIC / 305 / 97</b>			
UBICACION: <b>PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 MAZ. "I" LOTE "4 Y 5"</b>			
TITULO: <b>DETALLES DE COLUMNAS</b>			
DIBUJO	J.C.V.	FECHA	ENC./98
REVISO	E.T.B.	FECHA	ENC./98
APROBO	E.T.P.	FECHA	ENC./98
ADJUSTACIONES	ESCALA	INDICADAS	
PLANO No.			REVISION
E-02			2

© COPYRIGHT 1993  
 ESTE PLANO Y CUALQUIER REPRODUCCION DE EL, ES PROPIEDAD DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES S.A. DE C.V. Y NO PODRA SER COMPRADO NI REPRODUCCION POR NINGUN MEDIO, NI UTILIZADO PARA NINGUN FIN SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DE PARTE DE INGENIERIA INTEGRAL REPRESENTACIONES E INSTALACIONES S.A. DE C.V.