



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE
FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP**

CARLOS ARMANDO MELÉNDEZ SUTUC

Asesorado por Ing. Fernando Galich Cervantes

Guatemala, mayo de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN
DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ARMANDO MELÉNDEZ SUTUC

ASESORADO POR

ING. FERNANDO GALICH CERVANTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. René Rolando Vargas Oliva
EXAMINADOR	Ing. Ramírez Saravia
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP

Tema que me fuere asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de julio de 2004.

Carlos Armando Meléndez Sutuc

Guatemala, 5 de noviembre de 2004

Ingeniera
Patricia Villatoro de Escobar
Jefe del Departamento de Planeamiento
Facultad de Ingeniería
Guatemala

Estimada Ingeniera:

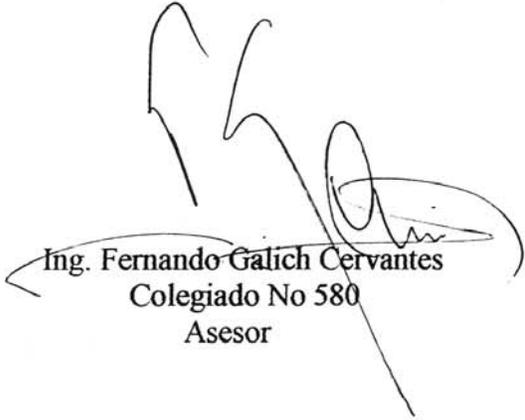
De la manera más atenta y por este medio, informo a usted que, como Asesor del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, CARLOS ARMANDO MELENDEZ SUTUC, procedí a revisar el Informe Final del Trabajo de Graduación, cuyo título es: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP.

Cabe mencionar que el trabajo, constituye un valioso aporte a nuestra facultad, beneficiando así a profesionales y estudiantes interesados en el tema.

En tal virtud, LO DOY POR APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,



Ing. Fernando Galich Cervantes
Colegiado No 580
Asesor

Guatemala, 5 de abril de 2005

Ingeniero
Carlos Salvador Gordillo García
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Después de analizar y revisar el trabajo de graduación presentado por el estudiante Carlos Armando Meléndez Sutuc, con carné 9923739, titulado **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP”**, y quien contó con la asesoría del ingeniero Fernando Galich Cervantes, tengo a bien manifestarle que dicho trabajo se ha ejecutado conforme a los requisitos establecidos. Por lo que en mi calidad de Jefe del Departamento de Planeamiento de la Escuela de Ingeniería Civil, me permito solicitar se continúen los trámites respectivos para su aprobación.

Atentamente,

Ing. M.S. Patricia Villatoro de Escobar
Jefe del Departamento de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Fernando Galich Cervantes y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Inga. Marta Patricia Villatoro de Escobar, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Armando Meléndez Sutuc, titulado ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Carlos Salvador Gordillo García



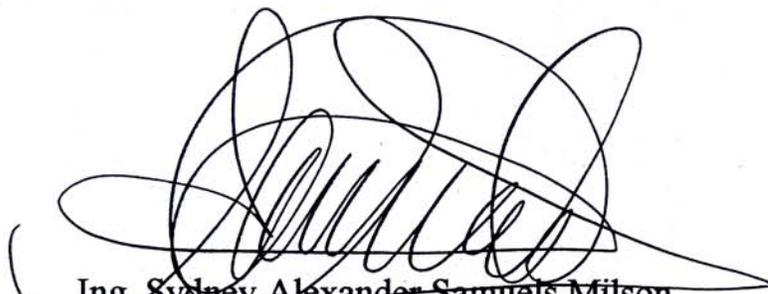
Guatemala, mayo de 2005.

/bbdeb.

Ref. DTG. 151-2005.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE COSTOS Y TIEMPO DE FABRICACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA Y MUROS TILT UP**, presentado por del estudiante universitario **Carlos Armando Meléndez Sutuc** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
DECANO



Guatemala, mayo 11 de 2,005

/gdech

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A DIOS

Por haberme dado sabiduría
y permitido realizar una meta en mi vida.

ACTO QUE DEDICO A

Mi patria	Guatemala
La universidad	San Carlos de Guatemala
Mis padres	Carlos Enrique Meléndez Méndez Thelma L. Sutuc de Meléndez Quienes con su amor, enseñanza, apoyo, dedicación, y la ayuda de Dios, han logrado hacer de mi, lo que ahora soy.
Mis hermanos	Nancy y Renato Por su apoyo incondicional y como un estímulo para la realización de sus metas y objetivos.
Mi sobrina	Jimena Dulcemaría Por alegrar mi vida.
Mi familia en general	Por su apoyo y consejos
Mis compañeros de estudio	Por estar cuando los necesité
Mis amigos	Por su amistad

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTADO DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MUROS TILT UP	1
1.1 Proceso constructivo	2
1.1.1 Preparación de la cimentación	2
1.1.2 Construcción del piso	2
1.1.3 Formación de los paneles	2
1.1.4 Colocación del refuerzo estructural	3
1.1.5 Fundición de paneles	5
1.1.6 Izaje de paneles	7
1.1.7 Fijación de paneles	8
1.2 Mano de obra y equipo	9
1.3 Demanda en Guatemala	11
1.4 Ventajas y desventajas	11
2. MUROS DE MAMPOSTERÍA	15
2.1 Clasificación de muros de mampostería	15
2.1.1 Muros confinados estructurales	15
2.1.2 Muros de rigidez	15
2.1.3 Muros no estructurales	15
2.2 Componentes de los muros estructurales confinados	16
2.2.1 Columnas de confinamiento	16
2.2.1.1 Ubicación	16
2.2.1.2 Dimensiones	17
2.2.2 Vigas de confinamiento	17
2.2.2.1 Ubicación	17
2.2.2.2 Dimensiones	17
2.3 Proceso constructivo	18
2.3.1 Organizar puestos de trabajo	18
2.3.2 Replantear muro	18
2.3.3 Preparar mortero	18

2.3.4	Colocación de bloques	18
2.3.5	Columnas de confinamiento	19
2.3.6	Vigas de confinamiento	20
2.4	Mano de obra y equipo	21
2.4.1	Herramienta	21
2.4.2	Equipo	21
2.5	Demanda en Guatemala	22
2.6	Ventajas y desventajas	22
3.	DISEÑO DE MURO TÍPICO	23
3.1	Plano general de la bodega	23
3.2	Diseño de muro de mampostería	25
3.2.1	Detalles	25
3.3	Diseño de muro tilt up	28
3.3.1	Detalles	28
4.	CUANTIFICACIÓN Y COSTOS DE LA MAMPOSTERÍA	31
4.1	Costos directos	31
4.1.1	Costos de materiales	31
4.1.2	Costos de mano de obra	34
4.1.3	Costo unitario	35
4.2	Costos fijos de la empresa ejecutora	36
4.2.1	Salarios	
4.2.2	Costos indirectos	
4.2.2.1	Costos de la oficina en obra	36
4.2.2.2	Imprevistos de construcción	37
4.2.2.3	Utilidad	37
4.2.2.4	Costos de financiamiento	38
4.2.2.5	Fianzas	38
4.2.2.6	Impuestos	39
4.3	Factor del sobre costo	39
5.	CUANTIFICACIÓN Y COSTOS DEL MURO TILT UP	41
5.1	Costos directos	41
5.1.1	Costos de materiales	41
5.1.2	Costos de mano de obra	42
5.1.3	Costo unitario	42
5.2	Costos fijos de la empresa ejecutora	44
5.2.1	Salarios	44
5.2.2	Costos indirectos	45
5.2.2.1	Costos de oficina en obra	45
5.2.2.2	Imprevistos de construcción	45
5.2.2.3	Utilidad	45

5.2.2.4	Costos de financiamiento	45
5.2.2.5	Fianzas	45
5.2.2.6	Impuestos	46
5.3	Factor del sobrecosto	46
6.	PROGRAMACIÓN DE LA OBRA	47
6.1	Sistema GANTT del muro tilt-up	49
6.2	Sistema GANTT del muro de mampostería	50
6.3	Sistema CPM del muro tilt-up	52
6.4	Sistema CPM del muro de mampostería	54
7.	ANÁLISIS COMPARATIVO	57
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	63
	ANEXOS	65
	BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Encofrado de paneles sobre el piso de la obra	3
2. Armado del panel tilt up	4
3. Encofrado y refuerzo para ventanería y puertas	4
4. Colocación de refuerzo estructural aprovechando el perímetro de la obra	5
5. Fundición de paneles	6
6. Fundición de paneles por medio de un camión bomba	6
7. Centroides de la placa prefabricada para el izaje	7
8. Izaje de muros tilt up por medio de una grúa	8
9. Soportes deteniendo los paneles, antes de la fijación final	9
10. Planta de la bodega a analizar.	24
11. Corte del muro típico	25
12. Armado de la columna tipo A	26
13. Detalle de la columna tipo A	27
14. Diseño del muro prefabricado	28
15. Diseño de las arañas de izaje	29
16. Ancla de muro tilt up con muro de concreto	29
17. Cronograma de trabajos para el muro tilt up.	49
18. Cronograma de trabajos para el muro de mampostería	50
19. Cpm para tilt up	52
20. Cpm para mampostería	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Cpm	Critical Path Method
$f'c$	Límite de fluencia del concreto.
$f'cr$	Resistencia promedio a la compresión requerida del concreto, empleada como base para la dosificación del concreto.

GLOSARIO

Acero	Aleación de hierro con una parte de carbono.
Químico para el curado	Aditivo para el curado, que puede ser utilizado entre una capa de concreto viejo y una capa de concreto nuevo, el cual no deja que éstos se adhieran. Lo que facilita levantar el panel del lugar de la fundición, en el momento de iniciar el izaje.
Columna	Elemento con una razón entre altura y menor dimensión lateral mayor que 3 usado principalmente para resistir carga axial de compresión.
Concreto	Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.
Concreto armado	Concreto combinado con refuerzo estructural para poder lograr un equilibrio de tensión y compresión, o sea elementos más resistentes.

Contravientos	Son elementos temporales utilizados para el izaje de un prefabricado, para evitar que el viento no intervenga en el proceso.
Curado	Proceso en el cual se mantiene la humedad del concreto por medio de agua o químicos, mientras que el concreto fragua.
Desencofrante	Sustancia aplicada en la formaleta antes de la fundición, su principal objetivo es, no dejar que el concreto se pegue con la formaleta; usualmente, se usa aceite quemado o un químico especial.
Estribos	Armadura empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión en un elemento estructural; por lo general barras, alambres o malla electrosoldada de alambre (liso o corrugado) ya sea sin dobleces o doblados en forma de L, de U o formas rectangulares, y situados perpendicularmente o en ángulo con respecto a la armadura longitudinal.
Lechadas	Mezcla pobre de agua y cemento.
Mampostería	Sistema constructivo tradicional compuesto por bloques de barro cocido o de mezcla de arenas y cemento, piedras naturales sin labrar o ligeramente labradas, llamadas mampuestos. Las fábricas de mampostería tan sólo proporcionan una cierta resistencia a la

compresión, por lo que suelen conformar elementos verticales continuos, como muros y paredes.

Mortero

Mezcla de cal o cemento con arena y agua, que se utiliza para unir ladrillos o piedras y para enlucir paredes. Los morteros de cal están compuestos de arena, agua y cal apagada (Ca(OH)_2), sustancia sólida de color blanco que se obtiene de la reacción de la cal con agua. Suele utilizarse una medida de cal apagada para tres o cuatro medidas de arena, y se añade agua hasta hacer una masa. Ésta se endurece en contacto con el aire porque absorbe dióxido de carbono, pero bajo el agua no se endurece y no es tan resistente como el mortero de cemento. El mejor tipo de mortero de cemento es una mezcla de cemento Portland, arena, agua y una pequeña cantidad de cal.

Muro

Elemento, generalmente vertical, empleado para encerrar o separar espacios.

Muro prefabricado

Es usualmente fabricado en una planta, que posteriormente se transporta a la obra para su instalación.

Rebaba

Restos de concreto situados fuera del elemento estructural.

Refuerzo estructural	Refuerzo de acero armado, utilizado en un elemento estructural.
Resanar	Acción posterior al desencofrado, en la cual se reparan pequeños desperfectos de la fundición.
Traviesas	Son elementos colocados en la formaleta para evitar que ésta se abra a la hora de la fundición.
Viga	Es un elemento estructural, colocado horizontalmente al final de un muro o embebido en la losa de un entrepiso.

RESUMEN

Los primeros dos capítulos, describen principalmente los procesos constructivos de cada uno de los sistemas; el de mampostería y el tilt up. Además, las ventajas y desventajas de la construcción de cada uno, así como el equipo y la mano de obra a utilizarse.

Posteriormente, se presenta el diseño de mampostería y el diseño de el muro tilt up, con sus respectivos planos estructurales y sus detalles.

Para la integración de costos de cada uno de los sistemas, se procede a cuantificar los materiales de construcción que sean necesarios para la realización de cada uno de los proyectos; así como la mano de obra y el equipo que se requiere.

Para saber cuál es el sistema más efectivo, además de los costos ya integrados, es importante conocer el tiempo de edificación; esta información se obtendrá por medio del CPM para los dos sistemas.

Finalmente, se analizará el resultado de los dos métodos de construcción y se determinará cuál de los dos métodos en cuanto a tiempo y costos es el más efectivo.

OBJETIVOS

General

Comparar los costos de materiales, mano de obra y equipo, entre los dos tipos de muros: mampostería y tilt up, asimismo el tiempo en que tarda la fabricación y el montaje de los mismos.

Específicos

1. Investigar que tan conocido es el sistema tilt up en Guatemala, así se determinará la demanda del mismo.
2. Establecer las ventajas y desventajas de cada método.
3. Analizar el recurso humano a contratar en cada caso.
4. Establecer cuál de los dos métodos es más efectivo en relación al costo y al tiempo.
5. Aprender a seleccionar la mano de obra para cada uno de los renglones necesarios para la fabricación de cada sistema constructivo.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de muros tilt up, es un paso muy importante en el desarrollo de la construcción en Guatemala. En el análisis realizado, en el trabajo de graduación, se determinó la importancia que tiene a nivel mundial.

Se investigó acerca de los dos muros, para conocer, el proceso constructivo de cada uno, así como las ventajas y desventajas principalmente.

Se propuso un proyecto real, el cual permitió realizar la integración de costos y el programa de la obra, para cada uno de los muros, tomando en cuanto el control de calidad de los materiales, y empleando mano de obra calificada, para cada uno de los trabajos.

Posteriormente se analizaron los resultados, y se hizo la comparación de tiempo, costo y calidad.

Con esta investigación, los profesionales y estudiantes interesados en el tema, tendrán una guía para optimizar recursos; principalmente reducir el tiempo de fabricación, puesto que el tiempo es dinero, y así elegir el método más adecuado para futuros proyectos.

1. MUROS TILT UP

La fundación "Tilt up Concrete Association", lo define de la siguiente manera: "Es el proceso de elaborar un muro de concreto armado o un elemento del edificio en el sitio; (usualmente en el piso de el edificio); y levantar (Izaje), el muro o el elemento de su lugar donde se fabricó; directamente a su posición final en el edificio."

Actualmente, es común ver edificios o naves industriales que incluyan muros prefabricados, tilt up o precast.

La aceptación, se deriva por las ventajas de ahorro en tiempo y dinero.

Los muros prefabricados, son hechos de concreto y acero. Se calculan de acuerdo a normas internacionales de resistencia a flexiones, cargas estructurales y empujes de viento.

La construcción de los muros prefabricados, se hace en el perímetro de la nave a construir sobre una plantilla de concreto. El proceso de construcción es un proceso limpio, ordenado y seguro.

En la mayoría de las naves, se utilizan muros prefabricados aislados para obtener mayor ahorro de energía.

1.1 Proceso constructivo

1.1.1 Preparación de la cimentación

La cimentación, es muy simple; pues este sistema, no la necesita. El muro tilt up. se entierra aproximadamente 35 cms después de ser anclado con la columna.

1.1.2 Construcción del piso

La construcción del piso es muy importante, pues sirve de molde para la fundición de los paneles. Si en cualquier caso no se puede usar para la fabricación de los paneles, se debe tener prevista una cama de concreto fundida en el mismo sitio de la obra al pie del edificio.

1.1.3 Formación de los paneles

Una vez que el piso de la obra esté terminado, es importante colocar en él, algún químico (antisol) para asegurarse que el concreto del panel no se adhiera al concreto del piso. Una vez hecho esto, el siguiente paso es la formación de los paneles.

Habitualmente, se emplea madera para formar el perímetro del panel, como se muestra en la figura 1.

El trazo geométrico del encofrado, debe hacerse con exactitud para evitar problemas en el montaje.

Figura 1. Encofrado de paneles sobre el piso de la obra.



Fuente: www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp

1.1.4 Colocación del refuerzo estructural

La colocación del refuerzo estructural con el sistema tilt-up es mucho más fácil que en proyectos convencionales ya que el refuerzo se coloca horizontalmente y sobre una superficie dura en vez de verticalmente y en escaleras, como se muestra en las figuras 2 y 3. El refuerzo del panel, es muy importante porque en la mayoría de los casos éste último soporta las cargas estructurales del techo y de los pisos intermedios (si los hubiere).

Figura 2. Armado del panel tilt up.



Fuente: www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp

Figura 3. Encofrado y refuerzo para ventanería y puertas.



Fuente: www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp

Figura 4. Colocación de refuerzo estructural aprovechando el perímetro de la obra.



Fuente: www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp

1.1.5 Fundición de paneles

La distribución de los paneles es muy importante, pues normalmente se colocan para que los camiones de concreto tengan acceso y así la descarga sea directa, de lo contrario se tendría que usar una bomba y esto elevaría el costo de los muros, como se muestra en la figura 5.

Para obtener una buena calidad en el panel, es importante tener un buen control en la fabricación del concreto. En el sitio debe contarse con personal especializado, pues la vibración del concreto es muy importante para tener una buena compactación.

Figura 5. Fundición de paneles.



Fuente: www.state.fl.us

Figura 6. Fundición de paneles por medio de un camión bomba.



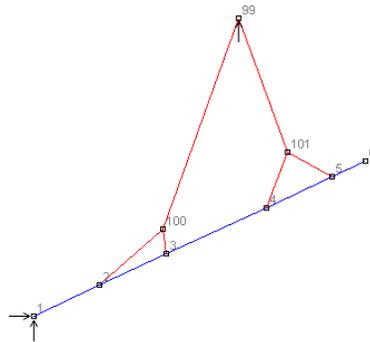
Fuente: <http://www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp>

1.1.6 Izaje de paneles

El izaje de los paneles, se hace por medio de una grúa móvil y sostenidos temporalmente por contravientos de acero. Esta es la actividad más crítica para los contratistas y dueños que trabajan con el sistema tilt-up. Es muy interesante ver levantar paneles de concreto que pesan entre 30 mil y 50 mil kilogramos. En la figura 7 y 8 se observa el izaje del panel. Los centroides de las placas deben estar en buena ubicación y bien reforzados, para evitar daños en la estructura.

Contratistas experimentados pueden levantar entre 20 y 40 paneles por día; lo que significa, que si el proyecto no tiene un perímetro muy grande, se notará un gran avance en pocas horas.

Figura 7 Centroides de la placa prefabricada para el izaje



Fuente: www.microstran.com.au/faq_tilt-up_panel.htm

Figura 8. Izaje de muros tilt up por medio de una grúa



Fuente: www.jamconstruccion.com/wsn/page4.html

1.1.7 Fijación de paneles

Los paneles son unidos por placas soldadas para la formación del muro, para lograr la fijación hay que detener los paneles con soportes, como se muestra en la figura 12.

Finalmente se conectan en la línea del piso y la del techo para terminar la estructura.

Figura 9. Soportes deteniendo los paneles, antes de la fijación final.



Fuente: <http://www.tilt-up.com/Manual/buildingwtu.asp>

1.2 Mano de obra y equipo

Para los trabajos habituales de construcción; como fundiciones, encofrados, excavaciones, etc., se recomienda usar un grupo de obreros, el cual consiste en un maestro de obra con albañiles y ayudantes.

Para trabajos de mayor magnitud se usará maquinaria pesada.

A continuación, se especifica que trabajos podrían realizarse con mano de obra y equipo según el proceso constructivo.

Cimentación:	Excavación / mano de obra.
	Armado / mano de obra.
	Fundición / mano de obra.

Construcción del piso:	Nivelación / según la necesidad del terreno.
------------------------	--

- Topografía.
- Mano de obra.
- Pay loader.
- Compactadora.

Encofrado / mano de obra.

Armado / mano de obra.

Fundición / según el tamaño y el tiempo de edificación.

- Mano de obra.
- Planta de concreto.
- Camiones mezcladores de concreto.
- Bomba para concreto.

Construcción del muro:

Encofrado / mano de obra.

Armado / mano de obra.

Fundición / según el tamaño y el tiempo de edificación.

- Mano de obra.
- Planta de concreto.
- Camiones mezcladores de concreto.
- Bomba para concreto.

Instalación / grúa.

1.3 Demanda en Guatemala

En Guatemala, no muchas personas conocen el tipo de muro prefabricado tilt up. Su diferencia de construcción con un muro prefabricado tradicional, es que éste es fundido en el sitio.

Apenas el sistema está entrando en nuestro país, por lo cual la demanda no es muy exigente.

Actualmente, existen constructoras que trabajan con este tipo de muro; sin embargo, son muy pocas; principalmente lo utilizan para la elaboración de bodegas y muy raramente para un edificio.

Las constructoras que trabajan con este método, se han dado cuenta de la aceptación del mismo; pero aun siendo un proceso mucho más económico y más rápido hay personas que prefieren el muro tradicional de mampostería.

1.4 Ventajas y desventajas

- a. Menos costo y menos tiempo.
- b. Se emplea menos material para formar los elementos de los muros, los cuales soportan cargas del marco estructural y el techo.
- c. Los edificios construidos con el sistema tilt-up, pueden incorporar las últimas tecnologías y la experiencia de diseños innovadores y construcciones nuevas.

- d. Rapidez de construcción: Los sistemas de ingeniería y productividad en serie, permiten ahorro en tiempo y mano de obra.
- e. Economía: Tilt-up ofrece un excelente producto en términos de construcción, operación e inversión.
- f. Libertad de diseño: En apariencia y función, cada proyecto es diseñado para satisfacer las especificaciones, necesidades y gustos del cliente.
- g. Versatilidad: Los paneles tilt-up, son fáciles de modificar para acomodar nuevas aberturas o ampliaciones del proyecto.
- h. Financiamiento: Por la duración y resistencia natural del concreto, los proyectos tilt-up son preferidos por instituciones bancarias.
- i. Venta posterior: Los edificios de concreto mantienen la apariencia, la integridad estructural y el valor, pues la vida útil del concreto es mayor.
- j. Economía térmica: Las propiedades térmicas del concreto y la ayuda de varios sistemas de aislamiento, reducen al mínimo los costos de energía.
- k. Factores de filtración: Los edificios de concreto, son impermeables al aire, reduciendo las oscilaciones de calor y frío y la dimensión de las unidades mecánicas.
- l. Reducción de mantenimiento: La durabilidad del concreto y el detalle en la construcción, reducen los costos de mantenimiento.
- m. Resistencia al fuego: Los muros de concreto, que están reforzados con acero, ofrecen una barrera natural a las fuerzas destructivas del fuego interior o exterior.

- n. Seguridad: Los muros reforzados con acero, presentan un obstáculo sólido al vandalismo y a la entrada ilegal.
- o. Reducción del ruido: Las propiedades de los muros de concreto, hacen los proyectos “buenos vecinos”.

2. MUROS DE MAMPOSTERÍA

2.1 Clasificación de muros de mampostería

Según la función estructural que desempeñan los muros en una vivienda se clasifican en:

2.1.1 Muros confinados estructurales

Son aquellos que soportan las losas y techos, además de su propio peso y resisten las fuerzas horizontales causadas por un sismo o el viento.

2.1.2 Muros de rigidez

Son los que soportan su propio peso, pero ayudan a resistir las fuerzas horizontales causadas por sismos en la dirección contraria a los muros estructurales, no considerándose para el soporte de losas y techos.

2.1.3 Muros no estructurales

Estos muros, sólo sirven para separar espacios de la vivienda y no soportan más carga que la de su propio peso. Según el sitio donde se colocan los muros, se pueden llamar de fachada, (los del frente de la casa), divisorios, (los que separan un espacio de otro) y medianeros (los que separan una construcción con la del vecino).

2.2 Componentes de muros confinados estructurales

Los muros estructurales están compuestos por:

El cuerpo del muro: que es el conjunto de piezas de mampostería que lo forman.

Los elementos de confinamiento: son las vigas y las columnas dispuestas de tal manera que rodeen el muro para que trabajen como una sola unidad.

La resistencia del muro, depende de las condiciones geométricas en cuanto a altura, longitud y grueso. Los muros estructurales, no pueden ser modificados o cambiados después de ser construidos, también no es recomendable hacer regatas o canchas para pasar tuberías de desagües o de energía eléctrica sobre las paredes de estos muros; ya que, debilitan su resistencia. Esto se hace en los muros no estructurales.

2.2.1 Columnas de confinamiento

Son los elementos verticales, que amarran los muros y se construyen de hormigón o concreto reforzado, que se anclan a la malla de cimentación y a la viga de amarre superior.

2.2.1.1 Ubicación

Las columnas de confinamiento, se colocan en los extremos de muros estructurales, en la intersección con otros muros y en sitios intermedios a distancias no mayores de 35 veces el grueso del muro confinado, 1.5 veces la distancia vertical, o a cuatro mts.

2.2.1.2 Dimensiones

El espesor de las columnas de confinamiento, será igual al del muro, y el área mínima que debe tener es de 200 cms², se puede colocar de largo la mitad de la pieza de mampostería para que quede modulado el muro.

2.2.2 Vigas de confinamiento

Son elementos de hormigón reforzado que se colocan en forma horizontal sobre los muros o embebidos en las losas de entrepiso y que ayudan a formar una especie de cajón rígido entre vigas, columnas y muros.

2.2.2.1 Ubicación

Las vigas se ubican en cimentación, a nivel del entrepiso, cuando la vivienda es de dos pisos y a nivel de losa final cuando la vivienda es de un piso

2.2.2.2 Dimensiones

Las vigas de amarre, deben tener un ancho igual al del muro y una altura mínima de 15 cms. y que su área no sea menor de 150 cms².

2.3 Proceso constructivo

2.3.1 Organizar el puesto de trabajo

Lo primero que se hace, es preparar el puesto de trabajo, organizando las herramientas, equipos y materiales, luego se procede a limpiar la fundación o base.

2.3.2 Replantear muro

Para iniciar la pega de las unidades de mampostería, se debe verificar las medidas y los ángulos rectos, sobre la corona del cimiento.

2.3.3 Preparar el mortero

El mortero, se prepara con cemento y arena de río o de mina de buena calidad; el mismo, se prepara en seco y luego se le va agregando agua en el cajón mezclero (artesa).

2.3.4 Colocación de bloques

Para cualquier tipo de muro que se realice, sea muro de carga, de rigidez o muro no estructural, se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- La superficie de apoyo, debe estar limpia, seca y bien nivelada.
- Los bloques, deben estar limpios y secos al momento de pegarse.
- Los bloques, no deben presentar grietas ni desbordes.
- Al pegar las unidades se debe:

- Picar la superficie de apoyo de la cimentación, para mejorar la adherencia.
- Colocar los bloques con la parte de los tabiques más delgada hacia abajo, para facilitar su manipulación y la colocación del mortero.
- Distribuir la primera pega en todo el ancho del bloque.
- Eliminar las rebabas de la mezcla, después de pegado el bloque.
- Utilizar la mezcla ya remojada en un tiempo máximo de 45 minutos a una hora
- Asegurar las varillas, para conservar su verticalidad en los muros estructurales con refuerzo.
- Evitar utilizar morteros después de 2.5 horas de mezclados en seco.
- No utilizar, en ningún caso, tierra para el relleno de huecos de los bloques.
- Colocar la primera hilada, sobre la fundación o base.

2.3.5 Columnas de confinamiento

a. Colocación de refuerzo

Se selecciona el tipo de acero para las columnas, el cual puede ser: 4 varillas de 3/8" o como así lo decida el ingeniero estructural, con sus respectivos estribos.

b. Colocación de tapas

Después de colocado correctamente el acero y los estribos, se colocan las tapas de madera previamente impregnadas con algún desencofrante para poderlas retirar fácilmente, y se tapan con papel las fisuras que queden entre las tapas y la pared.

c. Fundición de la columna

Se remojan las paredes del muro que quedarán en contacto con la columna y se inicia el vaciado o fundido; se realiza utilizando un concreto manejable y plástico preparado con una dosificación sugerida por el ingeniero estructural, la cual puede ser 1:2:3, una parte de cemento dos partes de arena limpia, y tres partes de triturado de $\frac{3}{4}$ " se penetra con una varilla y se le dan golpes suaves a la formaleta para que el hormigón penetre y se compacte.

d. Desencofrado

Después de pasadas 12 horas, o de un día para otro, se procede a quitar las tapas y resanar huecos u hormigueros que hayan quedado, con una mezcla de arena y cemento en proporción 1:4.

e. Curado

Después de quitadas las tapas, se procede a regar con agua dos a tres veces por día durante una semana.

2.3.6 Vigas de confinamiento

Seleccionar el acero.

Se selecciona el tipo de acero a colocar, se corta, se figura y se arma la canasta. Tener en cuenta que el acero debe estar limpio de grasas y materiales extraños para que se adhiera bien con el concreto u hormigón

Se arma el encofrado o formaleta.

Se arman primero los tableros en el piso, luego se colocan longitudinalmente en las caras del muro y en la parte superior, se les coloca traviesas, a distancias de 60 cms para evitar que se abran en el momento de fundir la viga. En la parte inferior, se amarran con alambre o se les colocan tacos en diagonal.

Fundir viga.

La viga se funde utilizando una mezcla con la misma dosificación que se utilizó para las columnas. Se debe vibrar dándole golpes suaves con un macho de hule y penetrar el concreto con una varilla para que quede bien compactado.

Desencofrado.

Pasadas 12 horas, o al otro día, se quita el encofrado o formaleta y se resana la viga, si le quedaron hormigueros. Luego se cura rociándole agua tres veces al día durante siete días de la semana. Según el clima puede necesitar regarlas con más frecuencia.

2.4 Mano de obra y equipo

2.4.1 Herramientas

Regla, escuadra, nivel, hilo, ranuradores, plomada, escantillones, cincel, hachuela, paleta, llana, metro, cubeta y pala.

2.4.2 Equipos

Mezcladoras de concreto, escaleras, andamios, formaletas, toneles y vibradores.

2.5 Demanda en Guatemala

Al contrario de los muros tilt up, este método constructivo tiene mucha demanda en el país, pues es el tipo de muro que la población está acostumbrada a utilizar en sus construcciones.

El cliente parece que, está anuente a gastar más dinero en un muro de mampostería, que es un sistema ya conocido, que en un sistema nuevo.

2.6 Ventajas y desventajas

- a. En los muros de mampostería estructural, no es recomendable hacerle modificaciones, pues varía su resistencia.
- b. El costo de este método es relativamente alto, necesita acabado, pues es necesario tomar en cuenta, materiales adicionales.
- c. Suficiente tiempo de vida útil.
- d. Sistema conocido y confiable.
- e. Es necesaria la utilización de columnas, por lo que los espacios se reducen.
- f. Resistente al fuego.
- g. Alto grado de seguridad en lo que se refiere al vandalismo.
- h. Ofrece poca reducción de ruido.

3. DISEÑO DE MURO TÍPICO

Se analizará, los muros de una bodega, con los dos tipos de muro desarrollados en capítulos anteriores, por lo que a continuación se presentan los detalles.

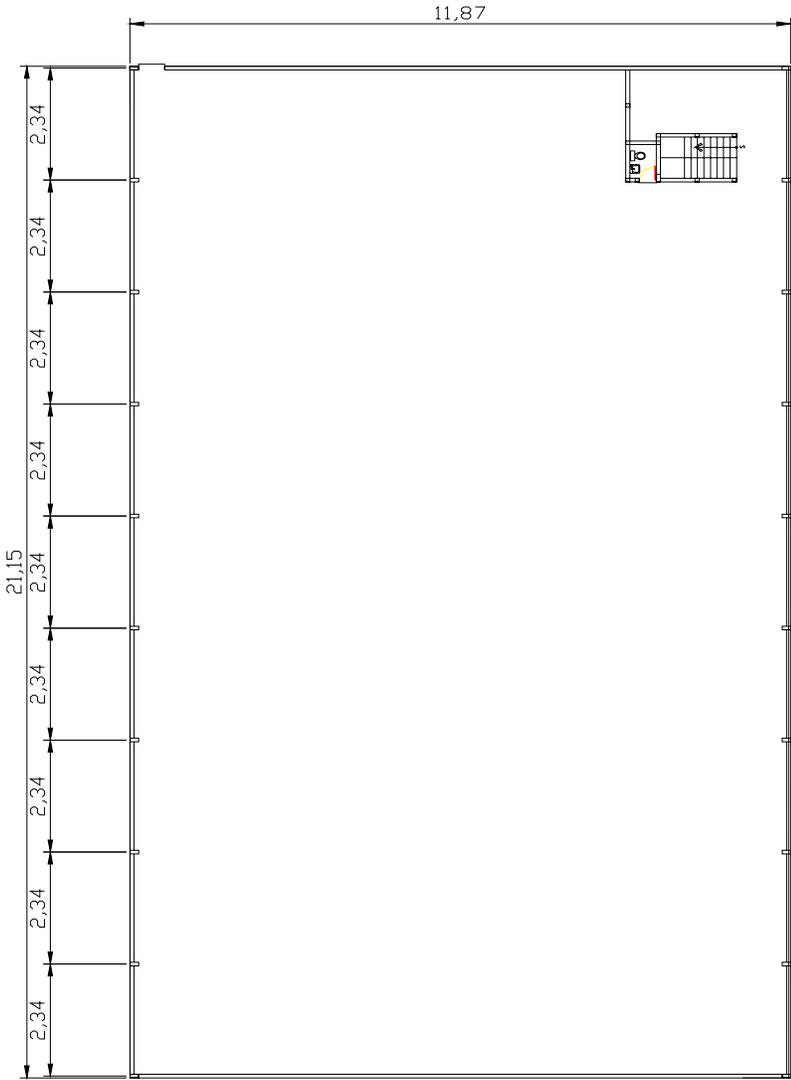
3.1 Plano general de la bodega.

En éste, se encuentra la distribución de columnas, que es el elemento más importante, para los dos sistemas de muro.

La bodega consiste, en nueve módulos de seis metros, con una longitud total de 54 metros x 25 metros de ancho x seis metros de altura.

Principalmente, se analizará uno de los cuatro lados de la bodega.

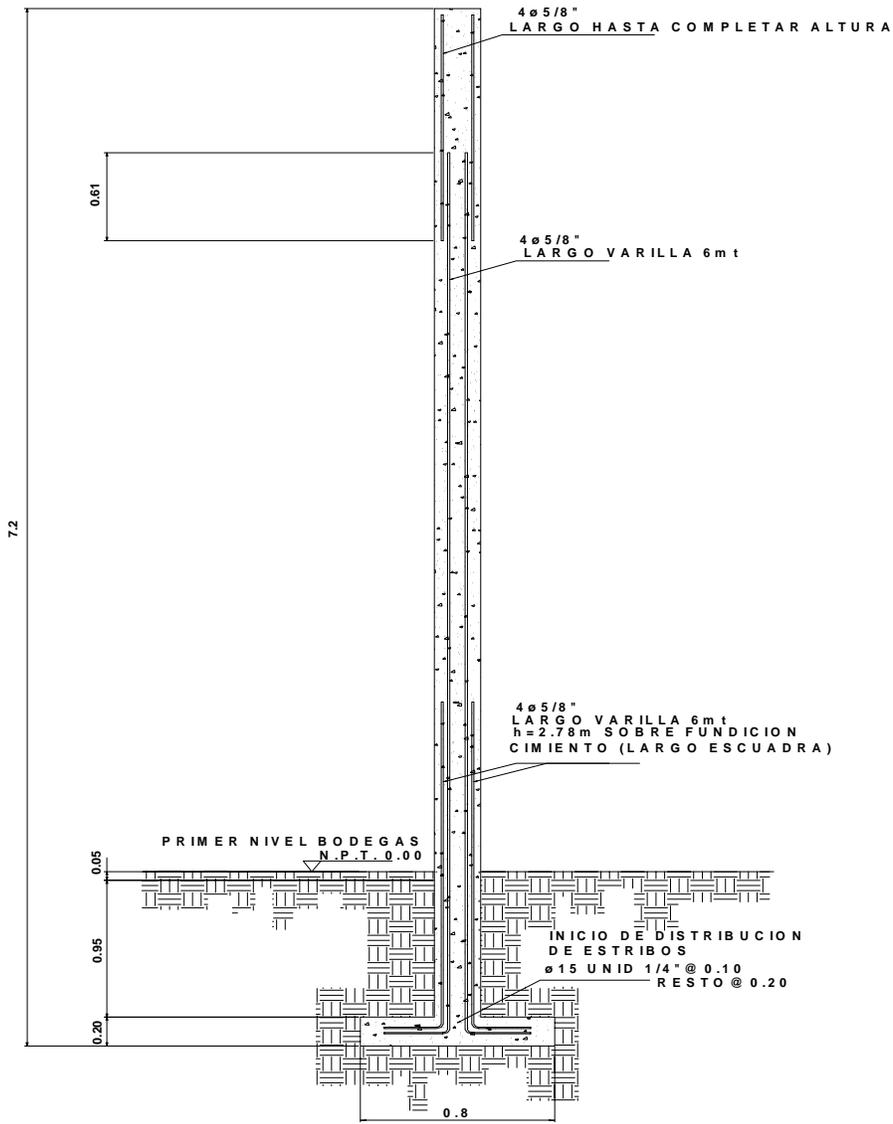
Figura 10. Planta de la bodega a analizar.



PLANTA BODEGA

ESCALA 1:100

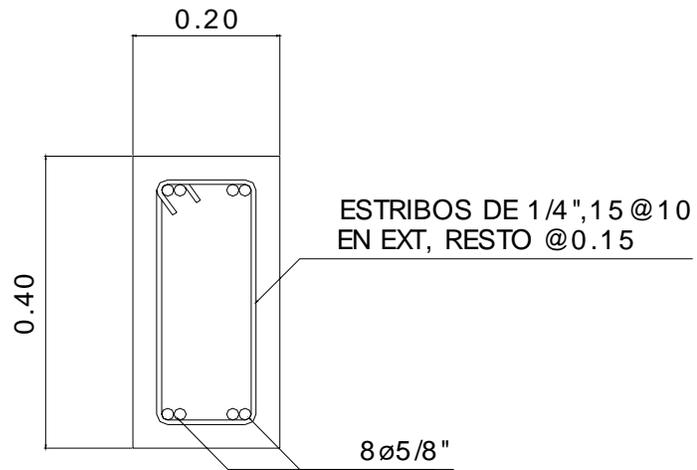
Figura 12. Armado de la columna tipo A.



ARMADO DE COLUMNAS TIPO A
CIM TIPO 1 ESCALA 1:10

NOTA: LA COLUMNA VA CENTRADA EN EL CIMIENTO

Figura 13. Detalle de la columna tipo A.

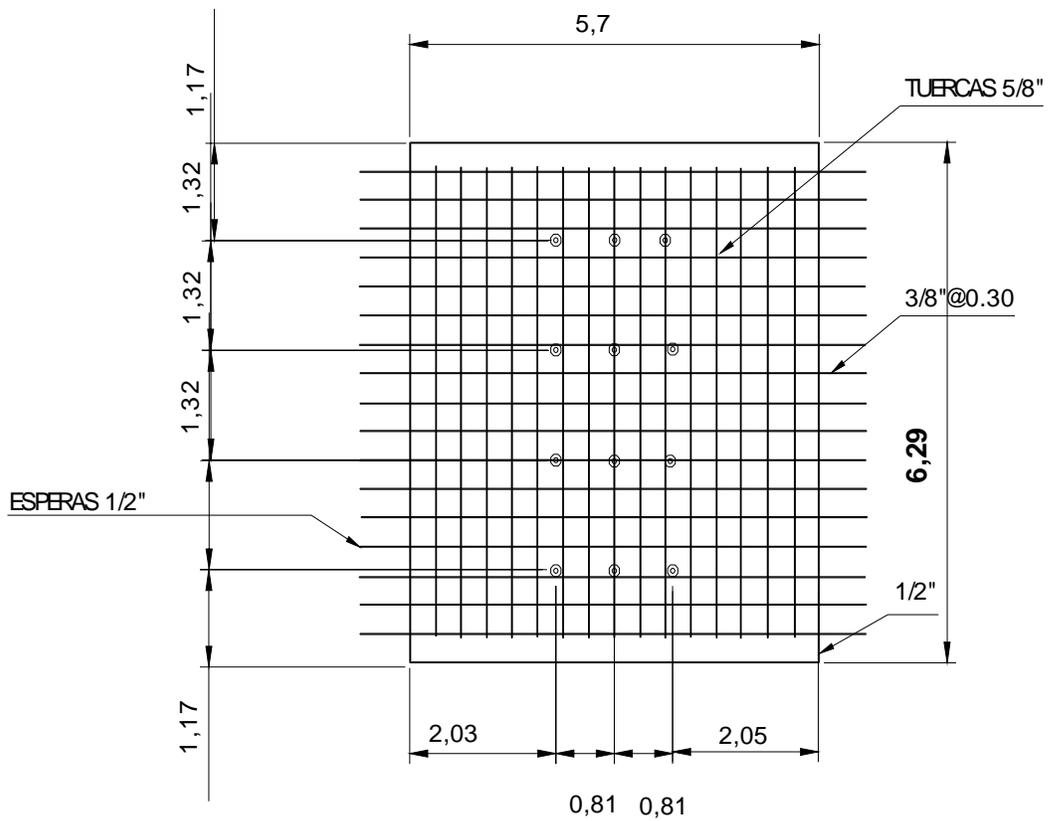


COLUMNA TIPO A

ESCALA 1:10

3.3 Diseño de muro tilt up
3.3.1 Detalles

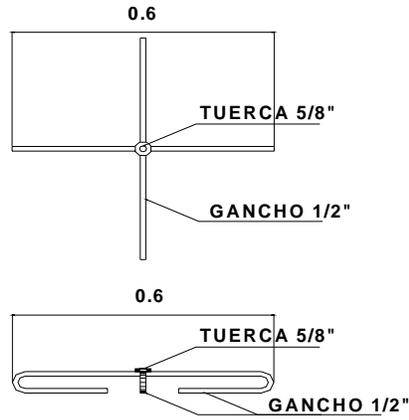
Figura 14. Diseño de muro prefabricado.



MURO PREFABRICADO

ESCALA 1:100

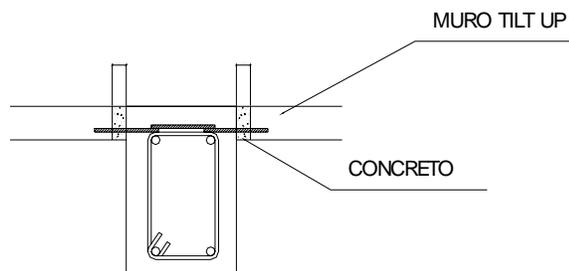
Figura 15. Diseño de las arañas de izaje.



ARAÑES DE IZAJE

SIN ESCALA

Figura 16. Ancla de muro tilt up con columna de concreto.



**ANCLA DE MURO TILT UP
CON COLUMNA DE CONCRETO**

SIN ESCALA

4. CUANTIFICACIÓN Y COSTOS DE LA MAMPOSTERÍA

4.1 Costos directos

Es la suma de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso constructivo.

4.1.1 Costos materiales

En la realización de un proyecto, se integran materiales, semielaborados, elaborados, mano de obra, y equipo para obtener un producto; por lo tanto, los precios base de los materiales, serán componentes de un costo unitario.

En el transcurso de la obra, es muy probable que los precios de los materiales, sufran variaciones, en caso de ser significativo, deberá provocar un nuevo análisis y valorar su consecuencia.

Los costos de los materiales deben incluirse puestas en obra, para poder integrar al precio del material el precio del flete.

Fecha de cotización: 15 de septiembre del 2004

Materiales	cantidad	unidad	costo unitario	costo total
Columnas				
Hierro				
Hierro de 5/8"	14	Qq	Q280,00	Q3.920,00
Hierro de 1/4"	3	qq	Q249,00	Q747,00
Alambre de amarre	1	qq	Q227,00	Q227,00
Clavo	0,5	qq	Q210,00	Q105,00
 Concreto (1:2:2)				
Cemento	53	scs	Q38,00	Q2.014,00
Arena	3	M3	Q100,00	Q300,00
Piedrín	3	M3	Q150,00	Q450,00
Agua	1,5	M3	Q350,00	Q525,00
 Madera				
		pie		
Madera de pino rústica	360	tablar	Q3,60	Q1.296,00
				Q9.584,00
 Cimiento corrido				
Hierro				
Hierro de 3/8"	7	qq	Q270,00	Q1.890,00
Alambre de amarre	0,25	qq	Q210,00	Q52,50
 Concreto (1:2:2)				
Cemento	85	scs	Q38,00	Q3.230,00
Arena	5	M3	Q100,00	Q500,00

Piedrín	5	M3	Q150,00	Q750,00
Agua	2	m3	Q350,00	Q700,00
				Q7.122,50

Levantado

Block de 0,19x0,19x0,39	3600	u	Q3,50	Q12.600,00
Block u de 0,19x0,19x0,39	700	u	Q3,50	Q2.450,00

Hierro

Hierro de 3/8"	15	qq	Q270,00	Q4.050,00
Hierro de 1/4"	6	qq	Q249,00	Q1.494,00
Alambre de amarre	1	qq	Q227,00	Q227,00
Clavo	2	qq	Q210,00	Q420,00

Concreto (1:2:2)

Cemento	111	scs	Q38,00	Q4.218,00
Arena	6,5	m3	Q100,00	Q650,00
Piedrín	6,5	m3	Q150,00	Q975,00
Agua	3	m3	Q350,00	Q1.050,00

Sabieta (1:3)

Cemento	61	scs	Q38,00	Q2.318,00
Arena	7	m3	Q100,00	Q700,00
Agua	1	m3	Q350,00	Q350,00

Madera

Madera de pino rústica	275	u	Q3,70	Q1.017,50
				Q32.519,50

Total materiales				Q49.226,00
-------------------------	--	--	--	-------------------

4.1.2 Costos mano de obra

El costo de mano de obra en el medio, es algo complejo, pues la variación constante del precio de la canasta básica y procedimientos de construcción diferentes utilizando nuevos materiales, lo determinan.

En Guatemala se conocen dos formas de cómo pagar la mano de obra, las cuales son: pago por día, pago por trato o a destajo; esta será seleccionada según el proyecto a realizarse y según el ingeniero encargado.

Mano de obra	Cantidad	unidad	costo unitario	costo total
Columnas				
Armadura	72	ml	Q11,50	Q828,00
Encofrado	72	ml	Q7,20	Q518,40
Fundición	72	ml	Q13,75	Q990,00
				Q2.336,40
Cimiento corrido				
Excavación	52	m3	Q22,50	Q1.170,00
Armadura	54	ml	Q5,50	Q297,00
Fundición	54	ml	Q11,50	Q621,00
Relleno	33	m3	Q21,00	Q693,00
				Q2.781,00
Levantado				
Block de 0,19x0,19x0,39	336	m2	Q50,00	Q16.800,00

Armadura para soleras	108	ml	Q5,50	Q594,00
Armadura para costillas	270	ml	Q4,75	Q1.282,50
Fundición	378	ml	Q7,50	Q2.835,00
Formaleta	108	ml	Q5,00	Q540,00
				Q22.051,50

Equipo

Mezcladora para concreto	15	dia	Q175,00	Q2.625,00
Andamios	36	u	Q73,60	Q2.649,60
Herramienta	1	global	Q1.000,00	Q1.000,00
				Q6.274,60

Ayudantes				Q4.800,00
Total mano de obra				Q38.243,50

4.1.3 Costo unitario

En este caso el costo unitario, es el costo por metro cuadrado del muro de mampostería el cual se detalla a continuación:

Costo de materiales	Q 49,226.00
Costo de mano de obra	Q 31,968.90
Prestaciones	66.1 %
Total mano de obra	Q 53,100.34
Equipo	Q 6,274.60
Costo del muro de mampostería	Q 108,600.94
Costo unitario	Q 335.19 / m ²

4.2 Costos fijos de la empresa ejecutora

4.2.1 Salarios

En la integración de costos, se debe tomar en cuenta los salarios de administración. Una empresa constructora como mínimo debe contar con el siguiente personal administrativo.

- a. Gerente
- b. Secretaria
- c. Contador
- d. Limpieza
- e. Mensajero

4.2.2 Costos indirectos

4.2.2.1 Costos de la oficina en obra

Gastos técnico-administrativos

- Ingeniero residente
- Encargado de obra

Construcciones provisionales

- Oficina
- Bodega
- Letrina

- Agua
- Electricidad
- Teléfono.

Consumos varios

- Letreros
- Papelería
- Varios

Se recomienda utilizar un cuatro por ciento del monto para este tipo de gastos.

4.2.2.2 Imprevistos de construcción

Es el porcentaje que depende de la responsabilidad del constructor, este porcentaje sabiéndolo utilizar podría ser una ganancia. Se aclara estos imprevistos, no son contingencias imprevistas de fuerza mayor, como terremotos, inundaciones, salarios oficiales de emergencia, implantación de nuevas prestaciones laborales, etc.

Se recomienda utilizar de un cuatro por ciento a un diez por ciento, mejor si es un cinco por ciento, pues sería el precio final más competitivo.

4.2.2.3 Utilidad

Es un porcentaje que se aplica a una oferta, que representa las ganancias del constructor.

El fracaso de una empresa puede tener diversos orígenes, pero su común denominador es la falta de utilidad.

Este porcentaje debe saber utilizarse, pues el uso desmedido lleva a que el precio final no sea competitivo.

Se recomienda utilizar de un diez por ciento a un diecisiete por ciento dependiendo del criterio del constructor.

4.2.2.4 Costos de financiamiento

Antes y durante la ejecución de los trabajos de construcción, se efectúan fuertes erogaciones, es decir, cuando se excava el primer metro cúbico se ha hecho ya, una erogación considerable. La estricta vigilancia y supervisión de las inversiones en las obras, es, también requerimiento indispensable que obliga a esperar un lapso para cobrar la obra ejecutada, lo que convierte a la empresa en un financiero a corto plazo que forzosamente devenga intereses. Es recomendable utilizar entre cinco por ciento y diez por ciento.

4.2.2.5 Fianzas

El incumplimiento de las condiciones de un contrato implica un riesgo que la parte contratante evita por medio de fianzas y siendo ésta una erogación para la parte contratista, deben de ser elementos del costo.

Fianzas de sostenimiento de oferta: 1-5% del valor del contrato. Cubre el período comprendido desde la recepción y apertura de plicas, hasta la aprobación de la adjudicación, y tendrá una vigencia de 120 días.

Fianzas de anticipo: 100% del anticipo. Puede reducirse en la medida que se amortice el valor del mismo cubriendo siempre el máximo del saldo deudor y estará vigente hasta su total amortización.

Fianzas de cumplimiento: (10% del valor del contrato en bienes y servicios, 10-20% el valor del contrato en obras de infraestructura). Esta garantía cubrirá las fallas o desperfectos que aparecieran durante la ejecución del contrato, antes de que se constituyan las garantías de conservación.

Fianzas de saldos deudores: cinco por ciento del valor del contrato. Esta debe de otorgarse simultáneamente con la de conservación de obra como requisito previo para la recepción de la obra, bien o suministro. Es recomendable utilizar entre 1.7% y 2%.

4.2.2.6 Impuestos

- ISR impuesto sobre la renta
- IVA impuesto del valor agregado

4.3 Factor del sobrecosto

El factor por el cual deberá multiplicarse el costo directo para obtener el precio de venta.

5. CUANTIFICACIÓN Y COSTOS DE TILT UP

5.1 Costos directos

5.1.1 Costos materiales

Materiales	cantidad	unidad	costo	
			unitario	costo total
Columnas				
Hierro				
Hierro de 5/8"	10	qq	Q280,00	Q2.800,00
Hierro de 1/4"	3	qq	Q249,00	Q747,00
Alambre de amarre	1	qq	Q227,00	Q227,00
Clavo	0,5	qq	Q210,00	Q105,00
Concreto (1:2:2)	5,5	m3	Q745,00	Q4.097,50
Madera				
Madera de pino rústica	360	pie tablar	Q3,70	Q1.332,00
				Q9.308,50
Zapatas				
Hierro				
Hierro de 3/8"	5,5	qq	Q270,00	Q1.485,00
Alambre de amarre	0,25	qq	Q227,00	Q56,75
Concreto (1:2:2)				
Cemento	39	scs	Q38,00	Q1.482,00

Arena	2,5	m3	Q100,00	Q250,00
Piedrín	2,5	m3	Q150,00	Q375,00
Agua	1	m3	Q350,00	Q350,00
				Q3.998,75

Paneles de concreto

Hierro				
Hierro de 1/2"	9,5	qq	Q270,00	Q2.565,00
Hierro de 3/8"	29	qq	Q270,00	Q7.830,00
Hierro de 1/4"	1	qq	Q249,00	Q249,00
Tuercas de 5/8"	110	u	Q0,75	Q82,50
Alambre de amarre	1,5	qq	Q227,00	Q340,50
Clavo	0,5	lbr	Q210,00	Q105,00
antisol	17	gal	Q80,53	Q1.369,01
Concreto (1:2:2)	34	m3	Q745,00	Q25.330,00

Madera				
madera de pino				
cepillada	295	pie tablar	Q4,00	Q1.180,00
				Q39.051,01

Total de materiales Q52.358,26

5.1.2 Costos mano de obra

Mano de obra	cantidad	unidad	costo	
			unitario	costo total
Columnas				
Armadura	72	ml	Q11,50	Q828,00
Encofrado	72	ml	Q7,20	Q518,40
				Q1.346,40

Zapatas

Excavación	19	m3	Q22,50	Q427,50
Armadura	13	ml	Q3,00	Q39,00
Fundición	3,5	m3	Q20,00	Q70,00
Relleno	13	m3	Q21,00	Q273,00
				Q809,50

Construcción de paneles

Excavación	3	m3	Q20,00	Q60,00
Encofrado	366	m2	Q10,00	Q3.660,00
Armadura	366	ml	Q16,50	Q6.039,00
Colocación de antisol	366	m2	Q0,65	Q237,90
Anclaje	64	ml	Q7,75	Q496,00
Relleno	1	m3	Q21,00	Q21,00
				Q10.513,90

Equipo

Grúa	2	dia	Q2.500,00	Q5.000,00
Herramienta	1	global	Q500,00	Q500,00
				Q5.500,00
ayudantes				Q3.000,00
Total mano de obra				Q21.169,80

5.1.3 Costo unitario

En este caso el costo unitario, es el costo por metro cuadrado del muro de mampostería el cual se detalla a continuación:

Costo de materiales	Q 52,358.26
Costo de mano de obra	Q 15,669.80
Prestaciones	66.1 %
Total mano de obra	Q 26,027.54
Equipo	Q 5,500.00
Costo del muro de mampostería	Q 83,885.80
Costo unitario	Q 258.91 / m ²

5.2 Costos fijos de la empresa ejecutora

5.2.1 Salarios

En la integración de costos, se debe tomar en cuenta los salarios de administración. Una empresa constructora como mínimo debe contar con el siguiente personal administrativo.

- a. Gerente
- b. Secretaria
- c. Contador
- d. Limpieza
- e. Mensajero

5.2.2 Costos indirectos

5.2.2.1 Costos de oficina en obra

Se recomienda utilizar un cuatro por ciento del monto para este tipo de gastos.

5.2.2.2 Imprevistos de construcción

Se recomienda utilizar un cuatro por ciento a un diez por ciento, mejor si es un cinco por ciento pues sería el precio final más competitivo, este porcentaje sabiéndolo utilizar podría ser ganancia.

5.2.2.3 Utilidad

Se recomienda utilizar de un diez por ciento a un diecisiete por ciento dependiendo del criterio del constructor.

5.2.2.4 Costos de financiamiento

Es recomendable utilizar entre cinco por ciento y diez por ciento.

5.2.2.5 Fianzas

Es recomendable utilizar entre 1.7% y dos por ciento.

5.2.2.6 Impuestos

- ISR impuesto sobre la renta.
- IVA impuesto del valor agregado.

5.3 Factor del sobrecosto

El factor por el cual deberá multiplicarse el costo directo para obtener el precio de venta.

6. PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

En la programación de la obra, se utilizó dos métodos, CPM y GANTT, con el fin de optimizar el tiempo de construcción de los dos tipos de muros; los resultados serán adjuntados al análisis comparativo, el cual unificará costos y tiempo, pues así se conocerá que método constructivo es el más efectivo.

Para cada uno de estos métodos, se utilizó Microsoft Project. La utilización de este programa requiere conocer los tiempos de cada renglón, para esto, se calculó el tiempo tomando en cuenta la mano de obra, el equipo y el proceso constructivo.

Para los trabajos de mampostería, el seguimiento del proceso constructivo depende directamente de la mano de obra.

Según el tiempo, en que se propone terminar el muro, deben utilizarse 10 albañiles y 5 ayudantes, trabajando 48 horas semanales, según el Código de Trabajo, para una jornada diurna.

En los trabajos de tilt-up, de la misma forma que la mampostería, depende de la mano de obra, pero a partir de la fundición de paneles, se procedió a dividir la obra en dos partes fase 1 y fase 2, la razón es que los paneles necesitan tiempo de fraguado, si todos los paneles se funden al mismo tiempo, habrá pérdida de tiempo en el período fundición-izaje.

En muros tilt-up, se utilizarán 7 albañiles y 3 ayudantes.

La diferencia del número de peones en los dos sistemas, principalmente, es el tiempo.

A continuación se presenta, la programación de cada sistema constructivo, debidamente identificado.

1. Gantt para tilt-up
2. Gantt para mampostería
3. Cpm para tilt-up
4. Cpm para mampostería

Figura 18. Cronograma de trabajos para el muro de mampostería.

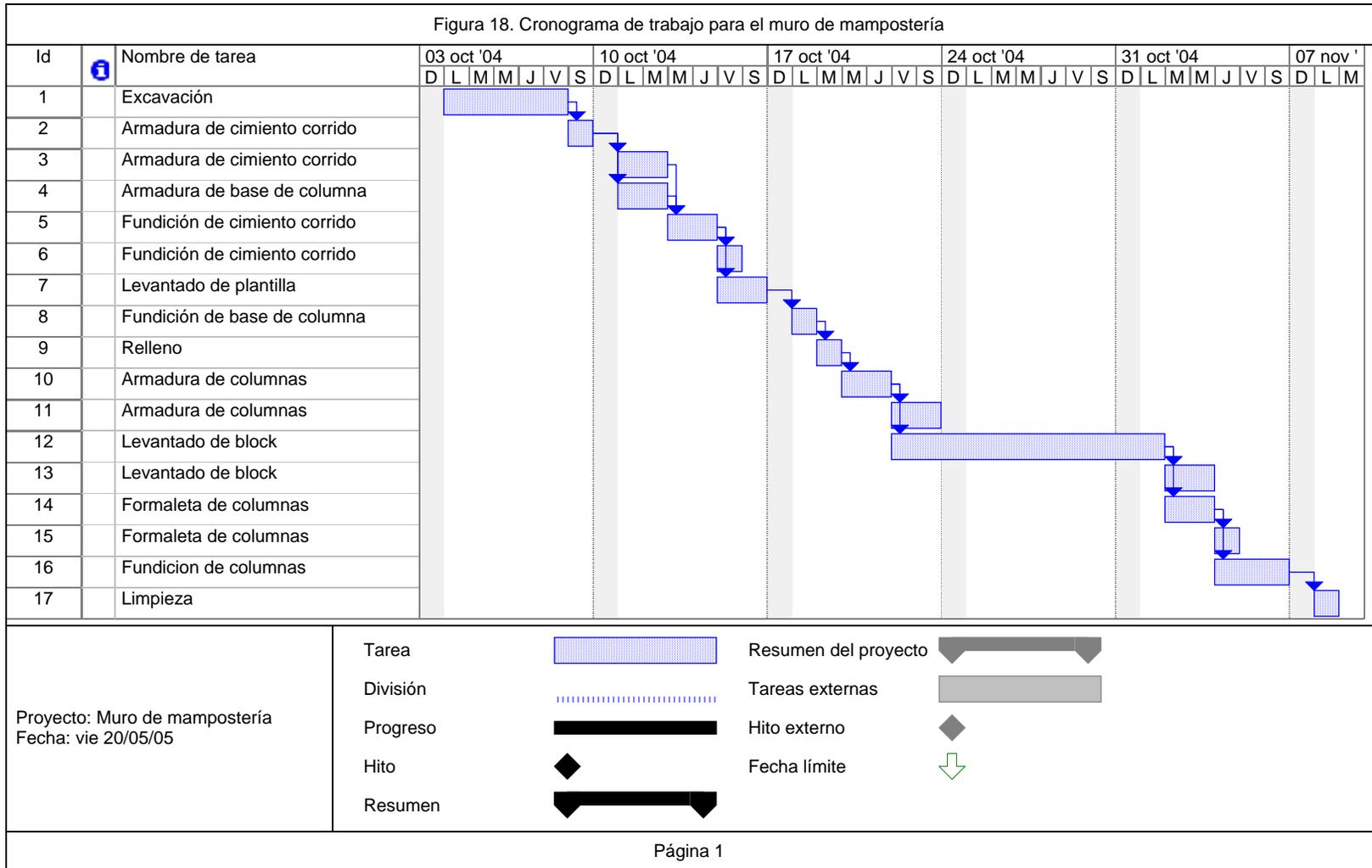


Figura 18. Cronograma de trabajos para el muro de mampostería.

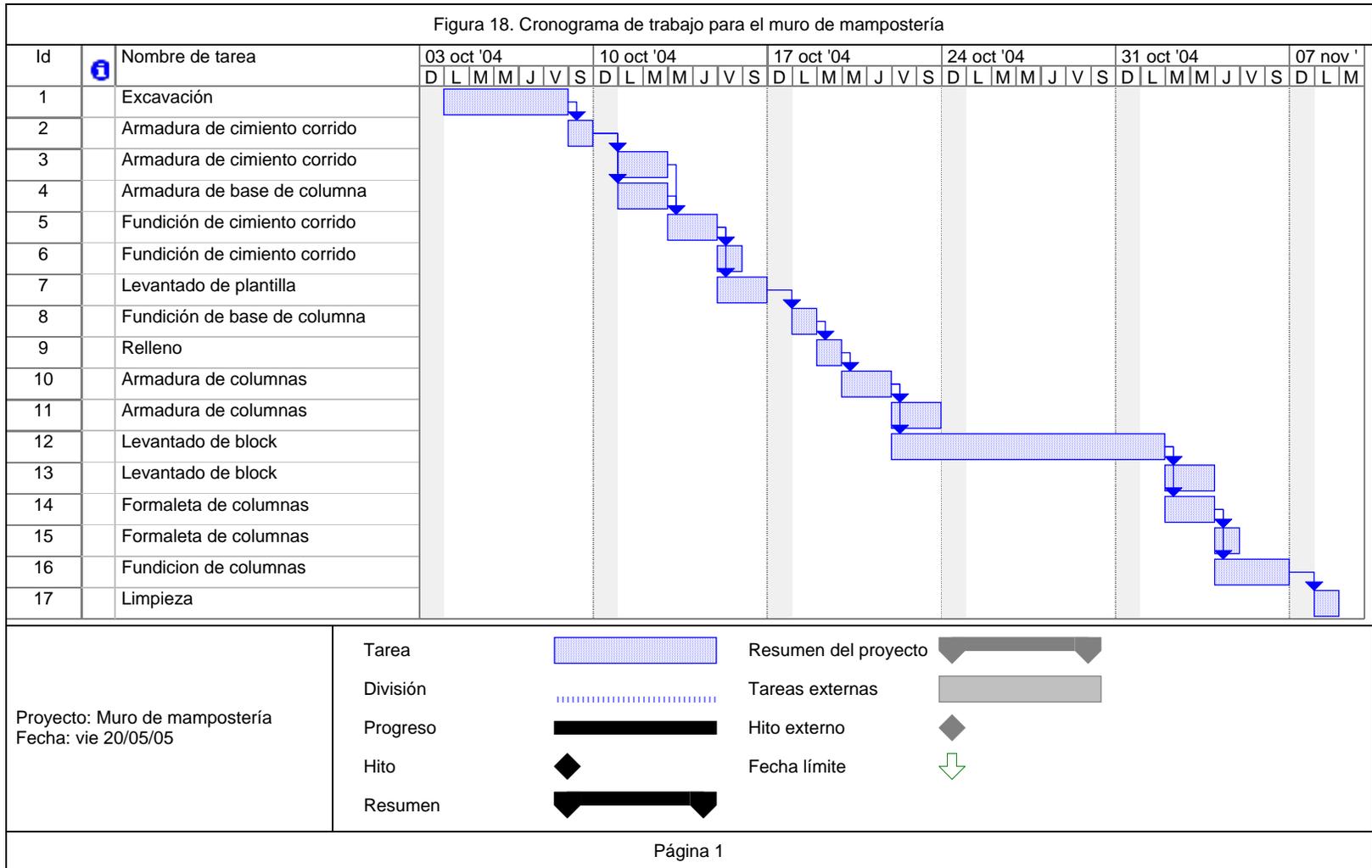


Figura 19. Cpm para tilt up.

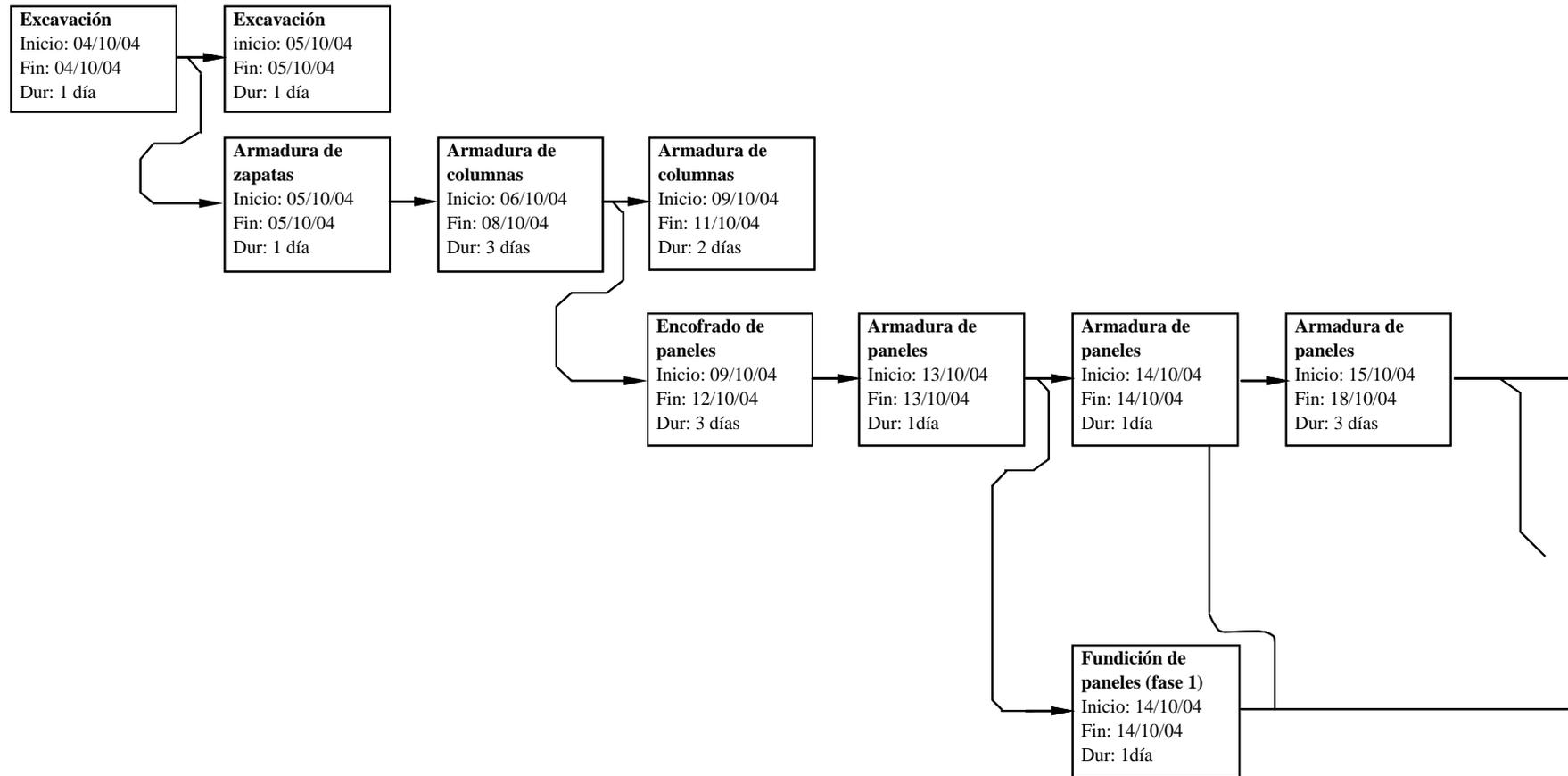


Figura 19. Cpm para tilt up.

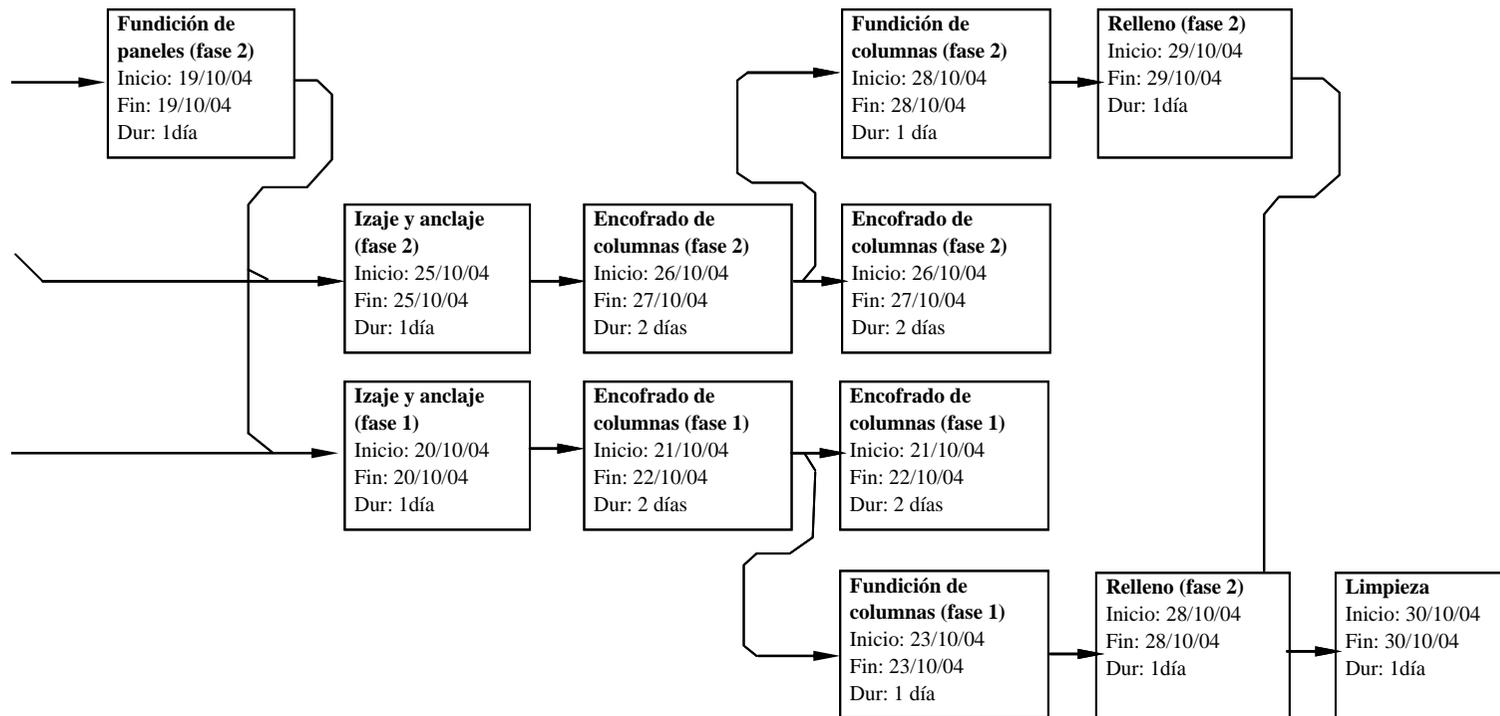


Figura 20. Cpm para mampostería.

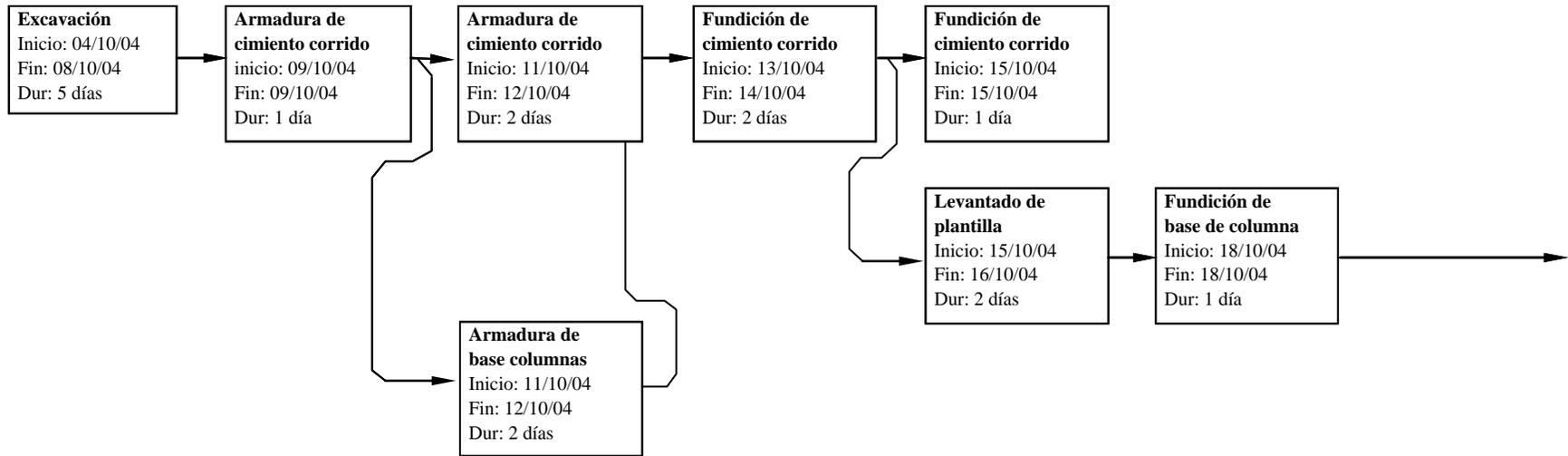
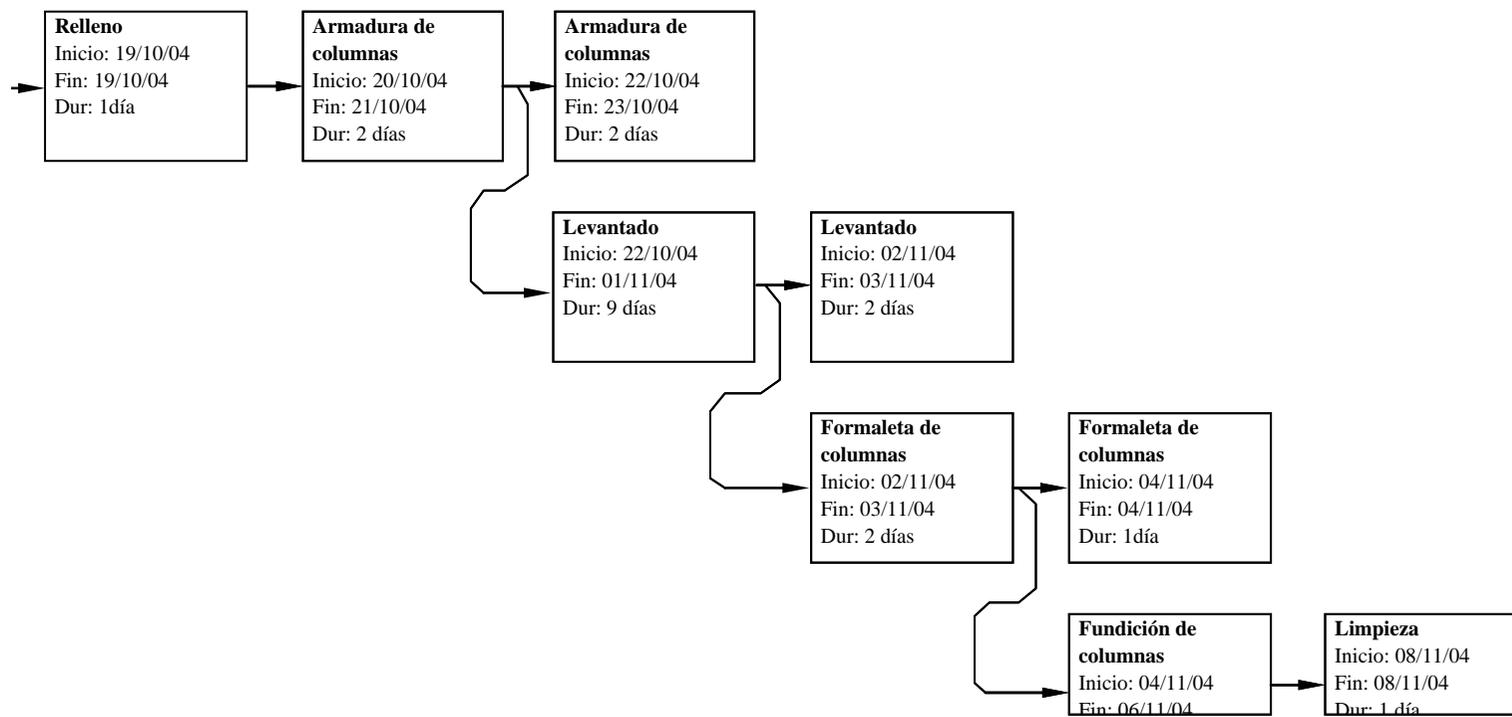


Figura 20. Cpm para mampostería.



7. ANÁLISIS COMPARATIVO

La comparación de costos, se integra de la siguiente manera:

	Muro tilt up	Muro de mampostería
Costo unitario	Q 258.91 / m ²	Q 335.19 / m ²
Costos de formaleta	Q 9,452.32 Q 31.51 / ml	Q 4,071.50 Q 22.62 / m ²
Costo de equipo	Q 5,500.00	Q 6,274.60
Costo de cimentación	Q 5,343.33 Q 534.33 / u	Q 11,741.74 Q 217.44 / ml
Costo de estructuras	Q 11,544.87 Q 164.93 / ml	Q 13,464.76 Q 192.35 / ml
Costo del muro	Q 61,488.90 Q 187.11 / m ²	Q 75,421.64 Q 206.41 / m ²
Mano de obra	Q 26,027.54	Q 53,100.34
Costo de maquinaria	Q 5,000.00	Q 00.00

La razón principal de la diferencia de los costos unitarios, es el proceso constructivo de cada uno de los muros. El muro tilt up, por su método de construcción, minimiza el costo de mano de obra, utilizando maquinaria pesada para fundición y colocación de paneles, siendo así menor el costo de equipo utilizado que en un muro de mampostería.

El costo de la formaleta en tilt up, obviamente se necesita utilizar mayor cantidad de madera, por lo que es más alto, pero este costo se puede minimizar utilizando formaleta metálica especial para prefabricados, siendo el costo inicial mayor, pero como es de mejor durabilidad se consigue reducir el costo a un mediano plazo.

La fabricación de muros tilt up, es principalmente concreto armado, por lo que la resistencia y calidad es mejor, porque el control de calidad es más estricto, y el equipo y mano de obra más especializada. Por el contrario el muro de mampostería es difícil de controlar, y en el medio actual de la construcción, hay mano de obra no apta para este trabajo, que hace el levantado.

Además de los costos de cada uno de los trabajos, cabe mencionar, la diferencia de mano de obra, que se utilizó en cada uno de los sistemas constructivos.

Para el muro de mampostería se tiene planeado, utilizar 10 albañiles y 5 ayudantes, para cumplir con el programa de la obra antes presentado, todos los trabajos serán directamente realizados por la mano de obra.

Para el muro tilt-up, se utilizará 7 albañiles y 3 ayudantes, los trabajos serán realizados por los obreros, pero en algunos renglones, la mano de obra será sustituida por equipo pesado, por ejemplo, el izaje, debe ser realizado por una grúa, y la fundición en general será realizada por un fabricante de concreto, puesto en obra; estos trabajos son muy importantes, pues simplifican el proceso, y minimizan tiempo.

Periodo de trabajo

Mampostería	32 días
Tilt-up	24 días

CONCLUSIONES

1. El buen costo, calidad, resistencia y la rapidez con la que se fabrica, el tilt up, son características muy importantes, que sobrepasan las características del muro de mampostería.
2. La reducción de costos en muros tilt up, se debe principalmente a los bajos costos en mano de obra y equipo.
3. El tiempo de fabricación, también influye en la diferencia del costo entre los dos métodos de construcción, siempre y cuando este se mantenga en un punto de equilibrio.
4. A pesar de que el costo de construcción y el tiempo de edificación están a favor del sistema tilt up, para construcción de muros, la población guatemalteca, en general, prefiere el muro de mampostería; esto es por falta de información acerca de los muros tilt up.
5. El izaje de la placa prefabricada, es el paso del proceso constructivo más crítico, pues si se efectúa un mal cálculo estructural, podría haber una fuerte pérdida de dinero.

RECOMENDACIONES

1. El sistema tilt-up es más económico que el sistema de mampostería tradicional, pero sería más económico y más rápido, si se combina con columnas de acero (estructura metálica), en lugar de columnas de concreto.
2. A la hora de fabricar los paneles tilt-up, se debe tomar en cuenta los días que necesita el concreto para fraguar, pues se necesita como mínimo un 75% de la resistencia para el inicio de izaje.
3. La superficie del piso debe tener un buen acabado, porque sobre ésta se fundirán los paneles para los muros.
4. La demanda en Guatemala, del muro tilt up es muy baja, para mejorar el mercado, es importante dar a conocer al cliente, los diferentes métodos constructivos, explicando ventajas y desventajas, y lo más importante la diferencia de costo entre una y otra, recomendándole el más eficiente, económico y el de mejor calidad.
5. Analizar, cuidadosamente el refuerzo estructural del centroide de la placa, para evitar accidentes, deflexiones o fracturas en el izaje de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

Suárez Salazar, Carlos. **Costos y tiempo de edificación.** Méxicos: Editorial Limusa. S.A.,sw
C.V., Grupo Noriega Editores, 2001.
Pc 21-265

Anderson David R., **Métodos cuantitativos para los negocios.** México:Internacional
Thomson Editores, S.A. de C.V. 1999.
Pc 849-526

www.tilt-up.com/Manual/buldingwtu.asp Julio 2004

www.state.fl.us Julio 2004

www.microstran.com.au/faq_tilt-up_panel.htm Julio 2004

ANEXO

Código de Diseño de Hormigón Armado ACI 318-99

CAPITULO 1 (Inciso 1.3)

Requisitos generales

1 .3- Inspección

1.3.1- Las construcciones de hormigón deben ser inspeccionadas según la ordenanza general de construcción legalmente adoptada. En ausencia de tales requisitos de inspección, las construcciones de hormigón deben ser inspeccionadas durante todas las etapas de la obra por, o bajo la supervisión de, un profesional autorizado para diseñar o por un inspector calificado.

12

1.3.2- El inspector debe exigir el cumplimiento de los planos y especificaciones de diseño. A menos que se especifique otra cosa en la ordenanza general de construcción legalmente adoptada, los registros de inspección deben incluir:

- a. Calidad y dosificación de los materiales del hormigón y resistencia del hormigón.
- b. Colocación y remoción de moldajes y alzaprimas.
- c. Colocación de la armadura.
- d. Mezclado, colocación y curado del hormigón.
- e. Secuencia de montaje y conexión de elementos prefabricados.

f. Tesado de los cables de pretensado.

g. Cualquier carga de construcción significativa aplicada sobre pisos, elementos o muros terminados.

h. Avance general de la obra.

1.3.3- Cuando la temperatura ambiente sea menor que 5°C o mayor que 35°C, debe llevarse un registro de las temperaturas del hormigón y de la protección dada al hormigón durante su colocación y curado.

1.3.4- Los registros de inspección requeridos en las secciones 1.3.2 y 1.3.3 deben ser conservados por el ingeniero o arquitecto inspector durante los 2 años siguientes a la terminación del proyecto.

1.3.5 – Para marcos especiales resistentes a momento que soportan cargas sísmicas en regiones de elevado riesgo sísmico, debe hacerse una inspección continua de la colocación de la armadura y del hormigón, realizada por un inspector calificado bajo la supervisión del ingeniero responsable del diseño estructural o bajo la supervisión de un ingeniero con una capacidad demostrada para supervisar la inspección de marcos especiales resistentes a momento que soportan cargas sísmicas en regiones de elevado riesgo sísmico.

CAPÍTULO 3 (Del inciso 3.2 al 3.5 y el 3.7)

Materiales

3.2-Cementos

3.2.1- El cemento debe cumplir con alguna de las siguientes especificaciones:

- a. “Specification for Portland Cement” (ASTMC 150).

- b. “Specification for Blended Hydraulic Cements” (ASTM C 595), se excluyen los Tipos S y SA, ya que no se emplean como constituyentes cementantes principales en el hormigón estructural.

- c. “Specification for Expansive Hydraulic Cement” (ASTM C 845).

3.2.2- El cemento empleado en la obra, debe corresponder al que se ha tomado como base para la selección de la dosificación del hormigón. (Véase la sección 5.2).

3.3- Agregados

3.3.1- Los agregados para hormigón deben cumplir con una de las siguientes especificaciones:

- a. “Specification for Concrete Aggregates” (ASTM C 33).

- b. “Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete” (ASTM C 330).
Excepción: Los agregados que han demostrado a través de ensayos especiales y por experiencias prácticas que producen hormigón de resistencia y durabilidad adecuadas, y que han sido aprobados por la autoridad pública.

3.3.2- El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

a. 1/5 de la menor separación entre los lados del moldaje, ni a;

b. 1/3 de la altura de la losa, ni a;

c. 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de armadura, paquetes de barras, cables o ductos de pretensado.

Estas limitaciones se pueden omitir si a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación, son tales, que el hormigón se puede colocar sin la formación de nidos o huecos.

3.4- Agua

3.4.1- El agua empleada en el mezclado del hormigón debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el hormigón o la armadura.

3.4.2- El agua de mezclado para hormigón pretensado o para hormigón que contenga elementos de aluminio embebidos, incluyendo la parte del agua de mezclado con la que contribuye la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruros.

3.4.3- No debe utilizarse agua no potable en el hormigón, a menos que se cumpla con las siguientes condiciones:

3.4.3.1- La selección de la dosificación del hormigón debe basarse en mezclas de hormigón con agua de la misma fuente.

3.4.3.2.- Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con “Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-inch or 50-mm Cube Specimens)” (ASTM C 109).

3.5- Acero de refuerzo

3.5.1- La armadura de refuerzo debe tener resaltes, excepto en zunchos o cables en los cuales se puede utilizar armadura lisa; y el refuerzo consistente en acero estructural o en tubos y cañerías de acero se permite de acuerdo con las especificaciones de este código.

3.5.2- La soldadura de las barras de armadura debe estar de acuerdo a “Structural Welding Code - Reinforcing Steel”, ANSI/AWS D1.4 de la American Welding Society. La ubicación y tipo de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas en las barras de refuerzo deben estar indicados en los planos de diseño o en las especificaciones del proyecto. Las especificaciones ASTM para barras de refuerzo, excepto ASTM A 706, deben ser complementadas para requerir un informe de las propiedades del material necesario para cumplir con los requisitos de ANSI/AWS D1.4.

3.7- Almacenamiento de materiales

3.7.1- El cemento y los agregados deben almacenarse de tal manera que se prevenga su deterioro o la introducción de materia extraña.

3.7.2- Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado, no debe utilizarse en el hormigón.

CAPÍTULO 5 (Inciso 5.2, 5.4, del 5.6 al 5.11)

Calidad del hormigón, mezclado y colocación

5.2- Dosificación del hormigón

5.2.1- La dosificación de los materiales para el hormigón debe establecerse para lograr:

- a. Trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el hormigón dentro del moldaje y alrededor de la armadura bajo las condiciones de colocación que vayan a emplearse, sin segregación ni exudación excesiva.
- b. Resistencia a exposiciones especiales, según lo requerido en el Capítulo 4 del ACI.
- c. Conformidad con los requisitos del ensayo de resistencia de la sección 5.6 del ACI.

5.2.2- Cuando se empleen materiales diferentes para distintas partes de la obra propuesta, debe evaluarse cada una de las combinaciones.

5.2.3- La dosificación del hormigón, incluyendo la razón agua-cemento, debe establecerse tomando como base la experiencia en obra y/o mezclas de prueba con los materiales que vayan a utilizarse, a excepción de lo permitido en la sección 5.4 o lo requerido por el Capítulo 4 del ACI.

5.4- Dosificación cuando no se cuenta con experiencia en obra o mezclas de prueba

5.4.1 - Si los datos requeridos por la sección 5.3 del ACI no están disponibles, y si lo aprueba el ingeniero/arquitecto, la dosificación del hormigón debe basarse en otras experiencias o información. La resistencia promedio de compresión requerida, f'_{cr} , del hormigón producido con materiales similares a aquellos propuestos para su uso debe ser al menos 8.5 MPa mayor que la resistencia especificada a compresión f'_{c} . Esta alternativa no debe ser usada para hormigones con una resistencia especificada mayor a 30 MPa.

5.4.2 - El hormigón dosificado conforme a esta sección, debe ajustarse a los requisitos de durabilidad del Capítulo 4 y a los criterios para ensayos de resistencia a compresión de la sección 5.6 del ACI.

5.6- Evaluación y aceptación del hormigón

5.6.1 – El hormigón debe ensayarse de acuerdo con los requerimientos de las secciones 5.6.2 a la 5.6.5. Los ensayos de hormigón fresco realizados en terreno, la preparación de probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del hormigón fresco mientras se preparan las probetas de resistencia debe ser realizado por técnicos calificados en ensayos de terreno. Todos los ensayos de laboratorio deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados.

5.6.2- Frecuencia de los ensayos

5.6.2.1- Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de hormigón colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez cada 120 m³ de hormigón, ni menos de una vez cada 500 m² de superficie de losas o muros.

5.6.2.2- Cuando en un proyecto dado el volumen total de hormigón, sea tal, que la frecuencia de ensayos requerida por la sección 5.6.2.1 del ACI proporcione menos de cinco ensayos de resistencia para cada clase dada de hormigón, los ensayos deben hacerse por lo menos en cinco amasadas seleccionadas al azar, o en cada amasada cuando se empleen menos de cinco.

5.6.2.3- Cuando la cantidad total de una clase dada de hormigón sea menor que 40 m³, no se requieren ensayos cuando se envíe a la autoridad pública, y sea aprobado por ella, evidencia de que la resistencia es satisfactoria.

5.6.2.4- Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos cilindros hechos de la misma muestra de hormigón y ensayados a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c .

5.6.3- Probetas curadas en laboratorio

5.6.3.1- Las muestras para ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con “Method of Sampling Freshly Mixed Concrete” (ASTM C 172).

5.6.3.2- Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser moldeados y curados en laboratorio de acuerdo con “Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field” (ASTM C 31), y deben ensayarse de acuerdo con “Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, (ASTM C 39).

5.6.3.3- El nivel de resistencia de una clase determinada de hormigón se considera satisfactorio, si cumple con los dos requisitos siguientes:

- a. Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$.
- b. Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que $f'c$ por más de 3.5 MPa.

5.6.3.4- Cuando no se cumpla con cualquiera de los dos requisitos de la sección 5.6.3.3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfagan los requisitos de la sección 5.6.3.3 (b) deben observarse los requisitos de la sección 5.6.5 del ACI.

5.6.4- Probetas curadas en obra

5.6.4.1- Si lo solicita la autoridad pública, deben proporcionarse ensayos de resistencia de cilindros curados en condiciones de obra.

5.6.4.2- Los cilindros curados en obra deben curarse en condiciones de obra de acuerdo con “Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field” (ASTM C 31).

5.6.4.3- Los cilindros de ensayo curados en obra deben moldearse al mismo tiempo y desde las mismas muestras que los cilindros de ensayo curados en laboratorio.

5.6.4.4- Los procedimientos para proteger y curar el hormigón deben mejorarse cuando la resistencia de cilindros curados en la obra, a la edad de ensayo establecida para determinar $f'c$, sea inferior al 85% de la resistencia de cilindros compañeros curados en laboratorio. La limitación del 85% no se aplica cuando la resistencia de aquellos que fueron curados en la obra exceda a $f'c$ en más de 3.5 MPa.

5.7- Preparación del equipo y del lugar de colocación

5.7.1- La preparación previa a la colocación del hormigón debe incluir lo siguiente:

- a. Todo equipo de mezclado y transporte del hormigón debe estar limpio.
- b. Deben retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el hormigón.
- c. Los moldajes deben estar recubiertos con un desmoldante adecuado.
- d. Las unidades de albañilería de relleno en contacto con el hormigón deben estar bien mojadas.

- e. La armadura debe estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos nocivos.
- f. El agua libre debe ser retirada del lugar de colocación del hormigón antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo para hormigonado bajo agua (tremie) o que lo permita la autoridad pública.
- g. La superficie del hormigón endurecido debe estar libre de lechada y de otros materiales sueltos antes de colocar hormigón adicional sobre ella.

5.8- Mezclado

5.8.1- Todo hormigón debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y la mezcladora debe descargarse completamente antes de que se vuelva a cargar.

5.8.2- El hormigón premezclado debe mezclarse y entregarse de acuerdo con los requisitos de “Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94) o “Specification of Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing” (ASTM C 685).

5.8.3- El hormigón mezclado en obra se debe mezclar de acuerdo con lo siguiente:

- a. El mezclado debe hacerse en una mezcladora de un tipo aprobado.
- b. La mezcladora debe hacerse girar a la velocidad recomendada por el fabricante.

- c. El mezclado debe prolongarse por lo menos durante 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante ensayos de uniformidad de mezclado, según “Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94).
- d. El manejo, la dosificación y el mezclado de los materiales deben cumplir con las disposiciones aplicables de “*Specification for Ready-Mixed Concrete*” (ASTM C94).
- e. Debe llevarse un registro detallado para identificar:
 - 1. Número de amasadas producidas.
 - 2. Dosificación del hormigón producido.
 - 3. Ubicación aproximada de colocación de cada amasada.
 - 4. Hora y fecha del mezclado y del hormigonado.

5.9- Transporte

5.9.1- El hormigón debe transportarse desde la mezcladora al sitio final de colocación, empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de material.

5.9.2- El equipo de transporte debe ser capaz de proporcionar un abastecimiento de hormigón en el sitio de colocación sin segregación de los componentes, y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de hormigonado.

5.10- Colocación

5.10.1- El hormigón debe depositarse lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debida a su manipulación o desplazamiento.

5.10.2- El hormigonado debe efectuarse a tal velocidad que el hormigón conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de los espacios entre la armadura.

5.10.3- No debe colocarse en la estructura el hormigón que haya fraguado parcialmente, o que se haya contaminado con materiales extraños.

5.10.4- El hormigón reemplado o aquél que se haya remezclado después del fraguado inicial no debe utilizarse, a menos sea aprobado por el ingeniero.

5.10.5- Una vez iniciado el hormigonado, éste debe efectuarse en una operación continua hasta que se termine el llenado del paño o sección, definida por sus límites o juntas predeterminadas, excepto en lo permitido o prohibido por la sección 6.4 del ACI.

5.10.6- La superficie superior de las capas hormigonadas verticalmente por lo general deben estar a nivel.

5.10.7- Cuando se necesiten juntas de hormigonado, éstas deben hacerse de acuerdo con la sección 6.4.

5.10.8- Todo hormigón debe compactarse cuidadosamente por medios adecuados durante la colocación, y debe acomodarse por completo alrededor de la armadura y de las instalaciones embebidas, y dentro de las esquinas de los moldajes.

5.11- Curado

5.11.1- A menos que el curado se realice de acuerdo con la sección 5.11.3, el hormigón debe mantenerse a una temperatura sobre 10°C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación (excepto para hormigón de alta resistencia inicial).

5.11.2- El hormigón de alta resistencia inicial debe mantenerse sobre 10°C y en condiciones de humedad por lo menos los primeros 3 días, excepto cuando se cure de acuerdo con la sección 5.11.3.

5.11.3- Curado acelerado

5.11.3.1- El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado, puede emplearse para acelerar el desarrollo de resistencia y reducir el tiempo de curado.

5.11.3.2- El curado acelerado debe proporcionar una resistencia a la compresión del hormigón, en la etapa de carga considerada, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

5.11.3.3- El procedimiento de curado debe ser tal que produzca un hormigón con una durabilidad equivalente al menos a la de los métodos de curado indicados en 5.11.1 ó 5.11.2.

5.11.4- Cuando lo requiera el ingeniero estructural o el arquitecto, deben realizarse ensayos complementarios de resistencia, de acuerdo con la sección 5.6.4, para asegurar que el curado sea satisfactorio.

BIBLIOGRAFÍA

Suárez Salazar, Carlos. **Costos y tiempo de edificación**. México: Editorial Limusa. S.A.,sw
C.V., Grupo Noriega Editores, 2001.
Pc 21-265

Anderson David R., **Métodos cuantitativos para los negocios**. México: Internacional
Thomson Editores, S.A. de C.V. 1999.
Pc 849-526

www.tilt-up.com/Manual/buldingwtu.asp
Julio 2004

www.state.fl.us
Julio 2004

www.microstran.com.au/faq_tilt-up_panel.htm
Julio 2004

