

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE DIFERENTES  
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MEDIANTE LA  
COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN**

Luis Alfredo Yang Ruiz

Guatemala  
2005



**ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE DIFERENTES  
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MEDIANTE LA  
COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

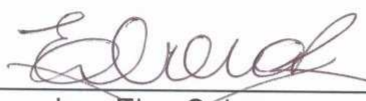
Facultad de Ingeniería

ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE DIFERENTES  
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MEDIANTE LA  
COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN

Trabajo de investigación presentado para optar al grado  
académico de Licenciado en Ingeniería Civil.

Guatemala  
2005

Vo.Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Elsa Cabrera

Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Frankling Matzdorf

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Luis Pineda

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Elsa Cabrera

Fecha de aprobación: 10 de enero del 2005

## ÍNDICE

	Página
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>viii</b>
<b>Capítulos</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>V. ANTECEDENTES.....</b>	<b>7</b>
<b>A. Análisis del problema habitacional en Guatemala.....</b>	<b>7</b>
<b>B. Materiales de construcción.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Unidades de mampostería.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Mortero.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Concreto.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Grout.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Acero.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Electropaneles.....</b>	<b>15</b>
<b>7. Formaletas modulares.....</b>	<b>16</b>
<b>C. Sistemas de construcción.....</b>	<b>17</b>
<b>1. Muros de mampostería.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Muros de concreto.....</b>	<b>17</b>
<b>3. Muros de electropanel.....</b>	<b>18</b>
<b>D. Métodos de planificación en la construcción.....</b>	<b>19</b>
<b>1. CPM y PERT.....</b>	<b>19</b>
<b>E. Paquetes de planificación en la construcción.....</b>	<b>20</b>
<b>1. Microsoft Project.....</b>	<b>20</b>
<b>2. Fast-Track Schedule.....</b>	<b>24</b>
<b>F. Normas de construcción.....</b>	<b>25</b>
<b>VI. PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>VII. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
<b>1. Actividades y requisitos para la construcción de un muro de mampostería .....</b>	<b>27</b>
<b>2. CPM: Muros de mampostería.....</b>	<b>28</b>
<b>3. PERT: Muros de mampostería.....</b>	<b>29</b>
<b>4. Actividades y requisitos para la construcción de un muro de concreto.....</b>	<b>30</b>
<b>5. CPM: Muros de concreto.....</b>	<b>31</b>
<b>6. PERT: Muros de concreto.....</b>	<b>32</b>
<b>7. Actividades y requisitos para la construcción de un muro de electropanel.....</b>	<b>33</b>
<b>8. CPM: Muros de electropanel.....</b>	<b>34</b>
<b>9. PERT: Muros prefabricados covintec.....</b>	<b>35</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración</b>	<b>Página</b>
<b>1. Ladrillos de arcilla comunes.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Características de una buena unidad de mampostería.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Formaleta modular de aluminio.....</b>	<b>16</b>
<b>4. Ensamble de una formaleta modular de aluminio.....</b>	<b>16</b>

## **RESUMEN**

Este estudio nace por la problemática habitacional que se vive actualmente en Guatemala. La mayoría de la población guatemalteca no tiene viviendas adecuadas lo cual ocasiona varios problemas a las familias que las habitan. Por estas razones en este estudio se considera que sistema constructivo puede ser mas eficiente, para minimizar los costos y el tiempo de ejecución de una vivienda. Se comparan los tiempos de ejecución de un muro de mampostería, un muro de concreto con formaleta metálica y un muro de electropanel. Para este estudio se asumió que todos los muros son de 6 metros de longitud por 3 metros de altura haciendo un total de 18 metros cuadrados. Se tomaron en cuenta todas las actividades para cada proceso constructivo y luego se estudia el proceso de ejecución para saber que actividades se ejecutan antes para poder realizar las demás.

Los resultados que se obtuvieron en este estudio son los siguientes: los muros de mampostería son relativamente más económicos que los otros dos, pero se compensa con el tiempo ejecución que es menor en los otros dos tipos de muro lo cual significa un menor gasto para la empresa; el tiempo estimado de ejecución de un muro de mampostería fue de 8.96 días; para el muro de concreto el tiempo de ejecución fue de 4.35 días y para el muro de electropanel convitec el tiempo de ejecución fue de 6.54 días; con una investigación realizada en el mercado de construcción nacional se determinó que el precio del muro de mamposterías es de Q. 325.00 el metro cuadrado, el de concreto tiene un precio de Q. 450.00 el metro cuadrado y el de electropanel tiene un precio de Q. 375.00 el metro cuadrado.

Debido a los resultados obtenidos se recomienda utilizar los otros dos tipos de muro diferentes al tradicional de mampostería, ya que aunque el precio de los materiales es mayor, se construyen en un menor tiempo lo cual significa un menor gasto para la empresa y una mayor productividad.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En Guatemala la mayoría de pueblos, aldeas y caseríos están constituidos por viviendas construidas con adobe, block, madera, bajareque o caña. Además, estas viviendas tienen, por lo general, techos de palma, teja o lámina, y el piso, de tierra o concreto. Asimismo sólo se cuenta con electricidad, drenajes y agua corriente en las cabeceras departamentales y municipales.

Según Hender Gaytán, director del programa Hábitat para la Humanidad, a las deficiencias anteriores se debe agregar el hacinamiento, pues en promedio, tres o más personas comparten cada ambiente de una casa. Señaló que en el país hay todavía demasiada vivienda infrahumana (ranchos, construcciones precarias y alquiler de cuartos) y las personas no tienen dinero para construir.

El investigador del Centro de Investigaciones Económicas Nacionales (CIEN), Jorge Lavarreda, indicó que el problema ha radicado en la ausencia de una política pública que aporte una solución integral de participación multisectorial, porque se han atendido demandas cuantitativas, sin tomar en cuenta aspectos cualitativos.

Durante mucho tiempo se ha tratado de implementar diferentes tipos de construcción para reducir costos en todo tipo de vivienda y es por esto, que es de suma importancia analizar detenidamente qué tan representativo puede ser reducir tiempos y aumentar la calidad y eficiencia en la construcción.

Este estudio se basa en la comparación entre los tiempos de construcción de muros de mampostería, versus muros de concreto reforzado con el uso de

formaleta de aluminio versus muros de electropanel. Esto se hace analizando las actividades de los diferentes tipos de construcciones. Es necesario efectuar la programación de los tiempos de ejecución para demostrar si es significativo el ahorro que se logra en la reducción de los tiempos en dicha comparación.

La programación se hace utilizando el Método de la Ruta Crítica (CPM por sus siglas en inglés) y el Método de la Técnica de Evaluación y Revisión (PERT por sus siglas en inglés), los cuales se describirán más adelante. Con esto se mejora la planificación del trabajo en puntos críticos y es más eficiente el control y la ejecución de la misma.

## **I. HIPÓTESIS**

El sistema de construcción de muros de mampostería es el método más utilizado por los constructores en Guatemala ya que se ha considerado que es económico y fácil de construir, además se cree que es más seguro que los demás sistemas constructivos como los muros de concreto reforzado y los muros de electropanel.

Se considera que los otros sistemas constructivos pueden resultar más eficientes que el tradicional, ya que pueden ser más rentables y de mayor eficiencia en tiempos respecto a la ejecución.

## **II. JUSTIFICACIÓN**

Los problemas relacionados con la situación de la vivienda en la ciudad de Guatemala presentan dos situaciones: el déficit de vivienda y la calidad de las mismas. En 1995 se llegó a estimar que el déficit en el área metropolitana era de 195,000 unidades, mientras que el crecimiento anual de nuevas viviendas estaba en 8,000 (Cabañas, 1999). El segundo problema se refiere a la mala calidad de las viviendas, que alcanza condiciones extremas en los asentamientos urbanos. En una encuesta se encontró que el 78% de todas las viviendas en zonas marginadas estaban construidas en áreas de alto riesgo. El 62% de ese total estaba ubicado cerca de desagües, con todas las implicaciones de riesgo que tiene. Esa misma encuesta reportó que el 89% de todas las viviendas en áreas marginadas estaban construidas con materiales de desecho o basura como cartones y latas (SEGEPLAN, 1996).

En términos de vivienda y servicios básicos en asentamientos urbanos, el número de viviendas en áreas marginales con acceso a servicios básicos era bajo. Sólo un 52% de todas las viviendas tenía conexión interna de agua, 54% tenía electricidad. El porcentaje de viviendas que reportaba pagar la recolección de basura era también bajo (26%) (SEGEPLAN, 1996).

Como se menciona anteriormente, uno de los problemas más grandes que enfrenta Guatemala, es el déficit habitacional en que se encuentra y por la escasez de fondos para la inversión social es necesario implementar nuevos métodos constructivos para así poder incrementar la cantidad de construcciones seguras en nuestro país.

Es por esto que se necesitan estudiar y analizar los procesos de construcción que se van a comparar, para que así los constructores puedan realizar un trabajo efectivo y eficiente.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. Objetivo general**

Analizar los diferentes tipos de construcción de muros mediante la comparación de tiempos de ejecución.

#### **B. Objetivos específicos**

1. Comparar los tiempos de ejecución de muros de mampostería versus muros de concreto con el uso de formaleta metálica versus muros de electropanel utilizando los métodos de planificación de PERT y CPM.
2. Divulgar los sistemas de planificación disponibles en Guatemala y que se pueden utilizar para mejorar los sistemas constructivos.
3. Analizar y comparar el ahorro que se da por utilizar diferentes métodos constructivos de acuerdo a tiempos de ejecución.
4. Dar a conocer tres diferentes sistemas constructivos y determinar la mejor alternativa para nuestro medio.

## IV. ANTECEDENTES

### A. Análisis del problema habitacional en Guatemala

Para solucionar el déficit habitacional en Guatemala, es necesaria la construcción de más de un millón de viviendas. El sector de la población más afectado es el que devenga menores ingresos y no tiene opciones que le permitan obtener una vivienda que cumpla con las condiciones mínimas para vivir adecuadamente.

Conforme transcurre el tiempo la situación en la que se ve el país es cada vez más preocupante, especialmente cuando inicia el invierno. Esto se debe a la existencia de cientos de asentamientos humanos ubicados en áreas de riesgo, en donde las condiciones para habitar son muy vulnerables al clima y a otras amenazas que ponen en peligro la vida de las personas que los habiten.

En la actualidad existen aproximadamente 600 mil viviendas que no cumplen con las condiciones mínimas para ser habitables, según el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGGS). Asimismo, se tiene el problema de hacinamiento en las viviendas ya que en cada cuarto de estas viviendas viven un aproximado de 5 personas por habitación. Esto se da por la formación de nuevas familias las cuales no tienen los recursos para adquirir una vivienda y no les queda otra opción que compartir la vivienda o puede suceder que por el bajo ingreso que poseen entonces alquilan un cuarto de espacio reducido.

Según el acuerdo gubernativo de salarios mínimos No. 459-2002, vigente desde enero del 2003, para actividades no agrícolas es de Q.1,026.00 mensuales más una bonificación de Q.250.00; para actividades agrícolas es de Q.957.00 mensuales más la bonificación: con este ingreso sobreviven una o más personas, debiendo obtener con ello alimentación, vestido, servicios médicos, educación y además el costo por la vivienda, ya sea en alquiler o en propiedad.

Es por esto que resulta imposible que una persona sobreviva en condiciones dignas con este salario y que aun así pueda ahorrar un porcentaje para el enganche y las mensualidades de su vivienda.

Por parte de el Estado, tienen contemplado invertir Q600 millones para construir 60 mil viviendas por año y a la vez otorgar un subsidio de Q16 mil teniendo las familias que aportar Q4 mil para viviendas populares que no sobrepasen los Q80 mil, esperando las actuales autoridades que los bancos tripliquen su inversión actual de Q500 o Q600 millones a Q2 mil millones.

Por parte del sector privado, existen empresas que están dispuestas a invertir en vivienda; sin embargo la solución es orientarlas a la construcción de vivienda popular para ayudar a las personas que poseen un ingreso muy bajo y a la vez ayudar a la economía del sector privado por la utilidad que podrían tener al hacer este tipo de inversión.

## B. Materiales de construcción

**1. Unidades de mampostería.** Las unidades de mampostería son elementos utilizados para realizar muros confinados, los cuales pueden ser contruidos con materiales de ladrillos de arcilla de perforación horizontal o vertical o de concreto de perforación vertical siempre y cuando cumplan con las normas de calidad exigidas.

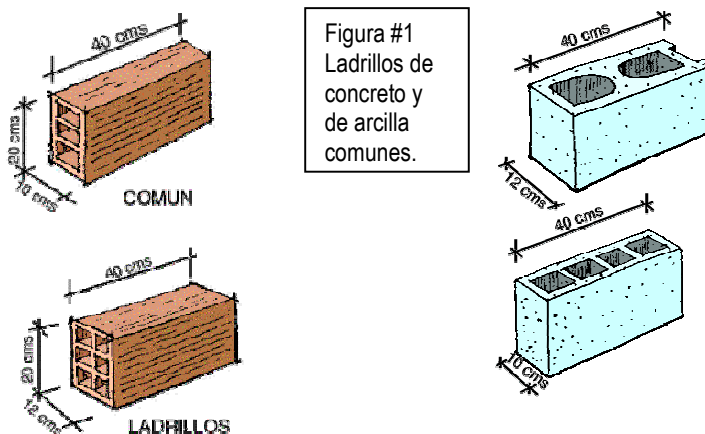
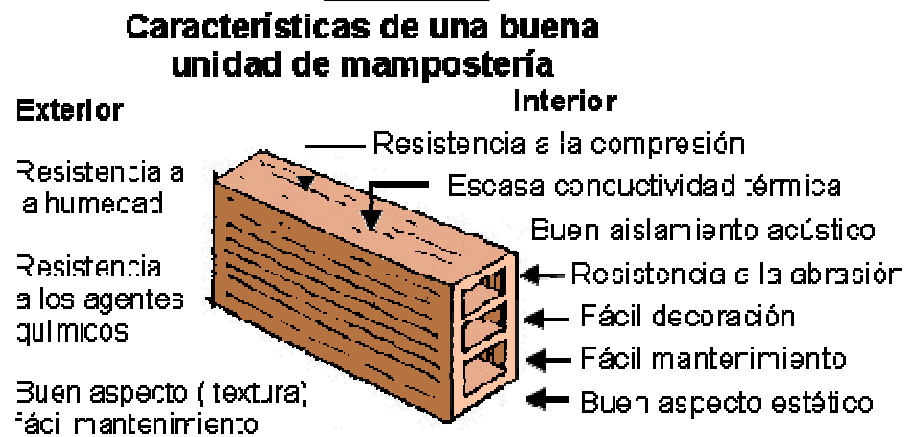


Figura #2



**2. Mortero.** Mezcla elaborada de cemento, cal, arena y agua. Su función es pegar el block o ladrillo. El cemento se usa como aglomerante.

Ventajas de usar cal en el mortero:

- Aumenta la adherencia entre las unidades de mampostería y el mortero.
- Ayuda a que la humedad sea retenida por más tiempo.
- Aumenta la plasticidad de la mezcla.

Desventajas de usar cal en el mortero:

- Cuando se usa en exceso reduce la resistencia a la compresión.
- Si la cal no fue hidratada adecuadamente, se hidrata al estar el mortero ya colocado en la pared, lo que puede ocasionar picaduras o desconchamientos.
- Cuando se usa cal que ha sido almacenada por mucho tiempo, baja la calidad, disminuye la plasticidad y la adherencia.

Esta mezcla compuesta debe reunir las siguientes condiciones:

- **Plasticidad:** (trabajabilidad) que sea fácil de distribuir en la superficie de las juntas de pega.

- **Consistencia:** Que conserve la forma y el tamaño al ser colocado.
- **Retención de agua:** Que conserve el agua requerida para la hidratación del cemento pues las unidades de mampostería tienden a extraer el agua del mortero de pega al ser colocado sobre la superficie.
- **Adherencia:** Que se una con las unidades de mampostería, para esto se debe de establecer dosificaciones del mortero de pega con una resistencia adecuada, mínimo de  $f'c=7.5$  Mpa.

**3. Concreto.** El invento del cemento se dio por la necesidad del hombre de mejorar su espacio de vivienda y así hacerlo mas cómodo, seguro y para lograr la mayor protección posible a la intemperie. La evolución en la vivienda se inició desde que el hombre superó la época de las cavernas y fue ampliando sus conocimientos en la construcción, ya que fue aplicando sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

El concreto es una mezcla de agregados finos (arena) y gruesos (grava), cemento y agua. La mezcla plástica se coloca y se compacta en formaletas de diferentes formas y dimensiones, y luego se cura para facilitar la aceleración de la reacción química de la hidratación de la mezcla agua-cemento, produciendo concreto de aspecto duro. La cantidad de agua necesaria no sólo es aquella con la que se produce la reacción química con el cemento, sino que incluye el agua con la que se logra que el concreto sea trabajable y llene las formaletas y rodee el acero de refuerzo. A la mezcla de concreto se le pueden agregar aditivos para cambiar algunas de sus características como trabajabilidad, durabilidad, tiempo de endurecimiento.

Por la aparición del cemento y la producción de este producto, el concreto ha sido un factor importante para la construcción en todo el mundo ya que se adquirió una fisonomía diferente. Tanto en edificios, calles, avenidas,

---

carreteras, presas y canales, fábricas, talleres y sobre todo casas nos proporciona un mundo lleno de comodidades, belleza y más que todo protección en donde vivir.

Ventajas del concreto:

- Alta resistencia a la compresión.
- Resistencia al fuego y agua.
- Material de bajo mantenimiento.
- Vida útil larga. Para explicar esto se debe considerar que la resistencia del concreto siempre está aumentando durante muchos años debido al lento proceso de solidificación de la pasta de cemento.
- Es un material del que se pueden hacer diferentes formas por medio de formaletas.
- No requiere de mano de obra especializada.

Desventajas del concreto:

- Baja resistencia a la tensión.
- Es necesario el uso de formaletas, lo que lleva a que se tengan obras falsas (parales, reglas, etc.) para mantenerlas en posición hasta que el concreto esté suficientemente endurecido. Esto lleva a que se tengan varios juegos de formaleta.
- Debido a que la dosificación y el curado no siempre es supervisado correctamente, las propiedades del concreto se pueden ver afectadas.

El concreto simple tiene una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tensión, por lo que es necesario proporcionar acero de refuerzo. Esto es el concreto reforzado. Con esto se combinan todas las ventajas del concreto con las ventajas del acero (resistencia a la tensión y ductilidad del acero).

Los dos componentes de la sección de concreto reforzado heterogéneo deberán ser distribuidos y proporcionados de tal manera que los materiales se utilicen en forma óptima.

**a. Elaboración del concreto.** El concreto se puede mezclar a mano o en forma mecánica utilizando una mezcladora. También puede ser comprado a empresas que entregan concretos premezclados. A cada porción de concreto se le llama tanda. Es importante no hacer más concreto del necesario y colocarlo en el término de 1.5 horas, y si hay mucho calor o viento, en una hora, ya que el cemento empieza a endurecer desde que se le agrega agua y la manejabilidad del concreto se pierde con rapidez al perder el agua por evaporación o escurrimiento.

El mezclado a mano se debe hacer sobre una superficie limpia y plana, que no absorba agua (piso de concreto, entarimado o cajón de madera, láminas), nunca sobre el suelo, ya que se puede contaminar con tierra.

Procedimiento: 1. medir arena y esparcirla formando una capa de 10 cm. de espesor; 2. vaciar sacos de cemento; 3. mezclar; 4. medir pedrín; 5. mezclar; 6. agregar agua; 7. mezclar.

El mezclado con mezcladora se debe realizar con equipo en buenas condiciones de funcionamiento, limpio e instalado de forma que no se mueva. Existen de capacidades de 0.5, 1 y 1.5 sacos de cemento.

Procedimiento: 1. colocar parte del agua; 2. colocar grava; 3. colocar arena; 4. colocar cemento; 5. colocar resto de agua. Si la arena está húmeda se debe reducir la cantidad de agua.

**4. Grout.** Material elaborado de arena, cemento, agua y grava fina. No es un concreto o un mortero, aunque los materiales usados para hacerla son similares, razón por la cual su consistencia no debe ser comparada con la de estos. Debe ser una mezcla fluida, para que pueda desplazarse adecuadamente dentro de todas las aberturas del block o ladrillo y al rededor del acero de refuerzo. El alto contenido de agua, que hace que la mezcla sea fluida, será absorbido por el block o ladrillo, lo que contribuirá al fraguado y ayudará a que se alcance la resistencia.

**5. Acero.** La resistencia a la tensión del acero es aproximadamente unas 100 veces mayor que la del concreto. Pero el acero es un material caro, por lo que se obtienen mejores costos al utilizar los dos materiales combinados, resistiendo el concreto la compresión y el acero la tensión.

Para que el acero y el concreto trabajen conjuntamente, es necesario que exista una adherencia suficientemente fuerte entre estos materiales, con el propósito de asegurar que no ocurrirán deslizamientos entre el refuerzo y el concreto que lo rodea. La adherencia que se produce es del tipo químico por la rugosidad natural del refuerzo y los resaltes superficiales o corrugas que se le hacen.

Entre las características que hacen que los materiales juntos trabajen satisfactoriamente están:

- El coeficiente de expansión térmica de ambos materiales se encuentra bastante cerca, lo que favorece a que no se produzcan grietas debidas a las deformaciones térmicas diferenciales.
- Ya que la resistencia a la corrosión del acero sin protección es baja, el concreto que rodea al acero de refuerzo da una buena protección.
- La resistencia del acero al fuego también es baja debido a su alta conductividad térmica y al hecho de que su resistencia disminuye al estar sometido a altas temperaturas. Al contrario, el concreto tiene una conductividad

---

térmica baja. Al estar combinados y presentar un recubrimiento de concreto adecuado, el acero estará suficientemente protegido contra el fuego.

Al encontrarse la estructura en ambientes salinos, es necesario proveer de una mayor protección al acero de refuerzo. El metal oxidado ocupa un mayor volumen por lo que provoca que el concreto se agriete y se quiebre o desquebraje. Es por esto que es necesario que el recubrimiento de concreto sea mayor o que las varillas estén recubiertas con epóxicos o pinturas resistentes a la solinidad.

El refuerzo utilizado en estructuras de concreto consiste en varillas, alambres y mallas soldadas. Las varillas pueden ser lisas o corrugados. Las deformadas son aquellas que tienen corrugaciones en su superficie con el propósito de mejorar la adherencia con el concreto. Las varillas lisas son de poco uso, limitándose a estribos, ganchos o espirales.

Los tamaños de las varillas van de 1/4, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 3/8, 11/8, 14/8, 18/8. Los largos que se manejan son 20 pies.

Para losas y pisos también se pueden utilizar mallas soldadas, hechas de alambres que forman una cuadrícula. Están soldados en todos los puntos de intersección. El espaciamiento puede ser igual para ambos lados o bien diferente, dependiendo del diseño. En nuestro medio se manejan mallas en las que en ambos sentidos se tiene el mismo refuerzo y espaciamiento.

Es común encontrar grados de refuerzo 40 y 60, lo que significa que su resistencia a la fluencia ( $F_y$ ) es de 40,000 psi y 60,000 psi respectivamente. La ventaja que se tiene al utilizar acero con mayor resistencia a la fluencia es que se tiene un menor congestionamiento de acero en los elementos.

**6. Electropaneles (Covintec).** El electropanel mas utilizado en nuestro país es llamado panel Covintec y consiste en una estructura tridimensional de alambre galvanizado calibre #14 (2,03 mm), electrosoldado en cada punto de contacto, compuesto por armaduras verticales denominadas escalerillas, de diseño único en el mercado y cuya característica principal es su forma de diagonales continuas en toda la altura del panel.

Las armaduras están unidas a lo ancho del panel por alambres horizontales calibre #14 (2.03mm) electrosoldado en cada punto de contacto. Entre armaduras se incorpora un alma compuesta de prismas de poliestireno expandido de densidad mínima 10 kg/m<sup>3</sup>.

La retícula de alambre está completamente separada a 9,5 mm. del poliestireno para permitir un correcto amarre del mortero aplicado a cada cara del panel después de su montaje. El panel Covintec, una vez estucado en obra, genera un muro sólido que presenta excelentes características mecánicas y buenas propiedades de aislamiento termoacústico.

El sistema Covintec ha sido calculado estructuralmente para soportar grandes esfuerzos, lo que lo acredita como un elemento antisísmico gracias a la malla estereométrica que conforma el panel lo que distribuye las cargas y fuerzas homogéneamente, logrando así, un muro altamente flexible y de gran capacidad estructural.

#### Características generales del Electropanel Estructural de 3"

- Largo: 2.44 metros.
- Ancho: 1.22 metros.
- Peso aprox.: 18 libras.
- Monoport de 5.5 cm. de espesor.
- Entre electromallas 7.5 cm.
- Espesor de muro terminado 10.5 cm.

**7. Formaletas modulares.** Con el sistema manoportable de paneles modulares, la formaleta se puede acoplar fácilmente a cualquier tipo de proyecto o diseño arquitectónico, ya sea para edificios o casas. Dada su fabricación, el sistema permite fundir monolíticamente muros y losas, formando una estructura sismo-resistente y logrando un rendimiento de una vivienda diaria, aumentando la relación costo - beneficio. El nivel de acabado sobre la superficie de concreto es excelente, el tipo de acabado para muros puede ser liso o con textura.

El sistema de encofrado en la formaleta en aluminio está compuesta por paneles y accesorios, los cuales están conformados por perfiles extruidos con aleación estructural. Estos mismos pueden ser construidos con dimensiones en sistema métrico o en sistema inglés con el fin de poderse acoplar a cualquier tipo de construcción existente. Un panel es de aproximadamente 90 cm. por 240 cm. pesa aproximadamente 40 Kg.

Figura #3  
Formaleta modular de aluminio.



Figura #4  
Ensamble de una formaleta modular de aluminio.



---

## C. Sistemas de construcción

**1. Muros de mampostería.** Este sistema es considerado como el más tradicional en nuestro país ya que la mayoría de las edificaciones utilizan este sistema de construcción para muros estructurales confinados, de rigidez o simplemente como tabiques divisorios no estructurales. Esto se debe a que los resultados durabilidad y resistencia a la intemperie es muy buena.

Los materiales necesitados para construir un muro de mampostería son, las unidades de mampostería y el mortero de pega. Si son muros estructurales, puede ser que el muro sea pineado, esto quiere decir que en el centro de los agujeros de los bloques de concreto, llevan una varilla de acero colocada verticalmente según el diámetro necesario y a la vez estos agujeros tienen que ser llenados con grout para que el muro trabaje como un muro reforzado. Asimismo pueden ser muros con columnas, las cuales estarán ubicadas a cierta distancia, dependiendo de la longitud del muro.

**2. Muros de concreto.** Como se menciona anteriormente el método constructivo más utilizado en muros estructurales, de rigidez o muros no estructurales es el sistema de mampostería o mampostería reforzada. Pero recientemente, por lo eficiente que le han resultado al constructor los muros de concreto, se ha ido popularizando más este sistema, ya que representa muchas ventajas para varias personas. Estas ventajas son los tiempos de ejecución y también la menor mano de obra para su construcción.

Los materiales necesarios para construir muros de concreto son: concreto y electromalla. Si los muros son estructurales puede ser que lleven columnas intercaladas en la longitud del muro a la distancia recomendada por el diseñador estructural. Este sistema constructivo es comúnmente más utilizado para la construcción de vivienda en serie ya que el factor tiempo para este tipo de construcciones es muy importante. En las viviendas construidas con muros de

---

concreto, el cimiento corrido por lo general tiene un peralte de 10 cm, por lo que su funde monolíticamente con el contrapiso de la vivienda.

**3. Muros de Electropanel.** Es uno de los sistemas más modernos, seguros e innovadores para muros estructurales, de rigidez y no estructurales. Su proceso constructivo está formado por la colocación del electropanel sobre el cimiento, quedando las varillas de espera sobre la electromalla. Debido a su diseño, el zig-zag del electropanel debe quedar siempre en el sentido vertical. Es conveniente apuntalar a ambos lados para lograr buena estabilidad.

El electropanel incluye en su diseño un excedente de electromalla, debido al empalme con el siguiente electropanel. El diseño, es ideal para la construcción de paredes, losas de entepiso y techo de viviendas.

Para obtener un muro con un espesor terminado de 10.5 cms. el electropanel debe ser recubierto de 2.5 cm. en ambas caras, 3 cms son más recomendables ya que reducen el riesgo de grietas. Entre la primera y segunda capa se debe esperar 24 horas de fraguado. El mortero debe ser a base de arena de río limpia y cemento en una proporción de 1:3 o 1:4, agregar 10% de cal.

La aplicación debe hacerse en dos o tres capas alternando a ambos lados del muro, puede hacerse a mano o utilizando una pistola lanzadora de mortero. Para evitar grietas es recomendable el uso de agregado de fibra en la mezcla. Es importante mojar la superficie para el fraguado por lo menos durante 5 días.

El acabado o texturizado final, podrá efectuarse directamente con la última capa, siendo lo más recomendable el cernido final como tercera capa, pasados 15 días después de la anterior.

---

## D. Métodos de planificación en la construcción

**1.CPM y PERT.** El PERT emplea una red de proyecto para visualizar gráficamente las interrelaciones entre sus elementos. Esta representación del plan de un proyecto muestra todas las relaciones de precedencia respecto al orden en que se deben realizar las actividades.

Cada arco de la red representa una actividad, una de las tareas que requiere el proyecto. Cada nodo representa un evento, que por lo general, se define como el momento en que se terminan todas las actividades que llegan a ese nodo. Las puntas de flecha indican la secuencia en la que debe ocurrir cada uno de esos eventos.

Cada arco juega un doble papel, el de representar una actividad y el de ayudar a representar las relaciones de precedencia entre las distintas actividades. En ocasiones, se necesita un arco para definir las relaciones de precedencia aún cuando no exista una actividad real que representar. En este caso, se introduce una actividad ficticia que requiere un tiempo cero, y se representa con una línea punteada que indica la relación de precedencia.

Una regla común es que dos nodos no pueden estar conectados directamente por más de un arco. Desarrollada la red del proyecto, el siguiente paso es estimar el tiempo que se requiere para cada actividad. Estos tiempos se usan para calcular dos cantidades básicas para cada evento:

- **Tiempo más próximo:** Tiempo (estimado) en el que ocurrirá el evento si las actividades que lo preceden comienzan lo más pronto posible. Se obtienen al realizar una pasada hacia adelante en la red.

- 
- **Tiempo más lejano:** Último momento (estimado) en el que puede ocurrir el evento sin retrasar la terminación del proyecto. Se obtienen al realizar una pasada hacia atrás en la red.
  - **Holgura para un evento:** Diferencia entre el tiempo más lejano y el más próximo. Indica cuánto retraso se puede tolerar para llegar a ese evento sin retrasar la terminación del proyecto.
  - **Holgura para una actividad (i,j):** Diferencia entre el tiempo más lejano del evento j y el tiempo más próximo del evento i más el tiempo estimado para la actividad. Indica cuánto retraso se puede tolerar para realizar una actividad sin retrasar la terminación de la misma.
  - **Ruta crítica:** Ruta cuyas actividades tienen todas holgura cero. (Todas las actividades y eventos que tienen holgura cero deben estar sobre una ruta crítica, pero no otras.)

El PERT es apropiado cuando se maneja mucha incertidumbre al predecir los tiempos de las actividades y cuando es importante controlar de una manera efectiva la programación del proyecto.

El CPM es apropiado cuando se pueden predecir bien los tiempos de las actividades y cuando estos tiempos se pueden ajustar con facilidad, al igual que cuando es importante planear una combinación apropiada entre el tiempo y el costo del proyecto.

## **E. Paquetes de planificación en la construcción**

**1. Microsoft Project.** El paquete Microsoft Project es un programa de gestión de proyectos poderoso y flexible que ayuda a planificar, gestionar y comunicar eficientemente el programa de un proyecto e información del mismo.

Con Project puede simplificar el proceso de planificación y seguimiento de las actividades de un proyecto. Puede ayudar a planificar rápidamente un proyecto organizando una lista de tareas y estableciendo márgenes de tiempo realista. Mantiene información sobre recursos y asignaciones de tareas para programar eficientemente las tareas cuando los recursos están disponibles. El seguimiento del presupuesto de un proyecto se calcula con costos de recursos y tareas. Las diferentes vistas, tablas e informes del Project facilitan y amplían el proceso de diseminación de la información.

Con Project puede mantenerse la información de un proyecto actualizado en una ubicación de modo que se pueda tomar decisiones basándose en información precisa. Project también se puede utilizar para crear escenarios hipotéticos para anticipar los efectos de ciertos sucesos en un proyecto, así como para distribuir información a todas las personas involucradas.

Entre las principales características se encuentran:

- **Transparencia.** La administración de un proyecto es un proceso de colaboración inherente. Su éxito depende del trabajo y de la comunicación entre los individuos involucrados en los planes, ya sea por que son miembros del equipo de trabajo o ejecutivos interesados en el estatus de un proyecto.

La comunicación transparente de metas y del estatus de un proyecto está incluida en Microsoft Project. Los administradores pueden asignar tareas a los miembros, informar de los cambios en el calendario o hacer nuevos requerimientos por medio de correo electrónico. Estos grupos de trabajo basados en el correo electrónico, son una excelente opción para colaborar y hacer reportes sobre un proyecto. Además, Microsoft Project incluye una solución para web que permite colaborar en un solo proyecto a quienes trabajan en diferentes plataformas y con diferentes sistemas de correo electrónico.

---

La administración de un proyecto es un proceso de colaboración inherente. Su éxito depende del trabajo y de la comunicación entre los individuos involucrados en los planes, ya por que son miembros del equipo de trabajo o ejecutivos interesados en el estatus de un proyecto.

- Es compatible. Debido al tremendo éxito de Microsoft Office en las compañías, no es sorpresa que la gran mayoría de los clientes de Microsoft Project sean también usuarios de las aplicaciones de Office. Para hacer de Microsoft Project una parte natural de la familia Office, el equipo de desarrollo de Project realizó diversas mejoras y amplió la consistencia del producto, así como su integración.
- Es flexible. Las investigaciones han mostrado que muchos clientes necesitan tener la herramienta para planear y dar seguimiento a sus proyectos con gran precisión, a fin de poder administrar todos los detalles. Los clientes están interesados en características que puedan ayudarles a reflejar el mundo real, un mundo en el cual el trabajo es interrumpido, los recursos no están siempre disponibles y los costos varían. Microsoft Project incluye un motor totalmente rediseñado que permite crear calendarios modificables para cumplir con muchas de las características requeridas por los clientes. Project posee la misma característica que el resto del software desarrollado por Microsoft: es fácil de aprender y puede ser usado por cualquier persona.
- Es programable. El nuevo y versátil motor de programación incorporado a Microsoft Project, permite planificar y seguir los progresos de los proyectos con mayor eficacia, así como identificar y dar respuesta a los conflictos, antes de que sucedan. Además, programar y seguir la información relacionada con los proyectos por horas, días, semanas o meses. Asimismo, se puede usar Microsoft Project para controlar los datos relativos a recursos y costos; esto permite adaptarse a los cambios de programación a medida que se presenten.

---

Por último, puede consolidar la información de múltiples proyectos, a fin de consultar y establecer las dependencias entre varios de ellos y crear los informes multi-proyecto.

Los pasos para realizar la planificación:

- Establecer el objetivo del proyecto. Antes de comenzar un proyecto, se empieza por determinar el objetivo del mismo. Se debe ser tan específico como se pueda, incluyendo información tal como fechas, números y elementos. Un objetivo específico clarifica el ámbito del proyecto, las personas afectadas y el período de tiempo. Esto facilita la planificación del proyecto, ya que se tiene más directrices sobre las que se deben basar las decisiones.
- Generar el plan del proyecto. Una vez que se conozca hacia dónde se dirige el proyecto, se debe averiguar la mejor manera de llegar a ese punto. Para ello, se tiene que recopilar información del proyecto, por ejemplo, la lista de las tareas que han de realizarse y las estimaciones del tiempo que requerirá cada una. A continuación, introducir la información en Microsoft Project. A medida que recibe la información, Microsoft Project crea un plan para realizar el proyecto.
- Administrar y realizar un seguimiento del proyecto. Una vez que se inicia el proyecto, el equipo de colaboradores se encargará de ejecutar el plan. Sin embargo, se tiene que seguir de cerca su progreso, puesto que generalmente surgen problemas imprevistos. Al utilizar Microsoft Project para realizar un seguimiento del progreso del proyecto, se puede ver en todo momento su estado e identificar y resolver lo antes posible los problemas que puedan afectar a su correcto desarrollo.
- Cerrar el proyecto: Cada proyecto es una experiencia de la que siempre se aprende. Por muy bien que se planee el comienzo, al final del proyecto se

---

puede comprobar que el plan ha cambiado con respecto a la versión original. Si se guarda el plan original en Microsoft Project, se puede aprovechar mejor la experiencia comparando la información del proyecto original con la forma en que progresó realmente el proyecto.

- Trabajar a partir del proyecto: El plan del proyecto constituye el núcleo del proyecto. Es un modelo en pantalla que indica las tareas que se van a llevar a cabo, quién las va a realizar y cuándo. Probablemente, la parte más importante del plan es la programación del proyecto, que incluye las fechas de comienzo y de fin de cada tarea, el tiempo que requerirá cada una de ellas y la duración y la fecha de fin de todo el proyecto. El plan del proyecto también puede incluir información acerca de los costos y el uso de recursos.

**2. Fast-Track Schedule.** Fast-Track Schedule hace fácil la organización, seguimiento y administración de todos los detalles de los proyectos. La planificación de proyectos cobra vida gracias a esquemas ricos en color que claramente comunican el estatus del proyecto para transmitir objetivos a colegas y clientes. Si se necesita planificar el trabajo día a día o planificar un proyecto a largo plazo, Fast-Track Schedule tiene la flexibilidad y la potencia para trabajar de la manera que el usuario lo hace. Con una nueva interfase y un amplio surtido de características de productividad, la nueva versión de este administrador de proyectos, tiene todas las herramientas que se necesitan para asegurar el éxito de los proyectos.

La organización de los detalles de los proyectos, es la base de una programación exitosa, y Fast-Track Schedule simplifica la organización de proyectos al proveer una estructura instantánea para todos los detalles del proyecto. Con click y arrastre se pueden introducir actividades, fechas límites y asignar responsables, o elegir entre 50 distintos ejemplos de programación y plantillas de quickstart para organizar los proyectos rápida y fácilmente.

---

Fast-Track Schedule permite intercambiar información de manera limpia con planillas, base de datos y otros programas de manejo de proyectos. Crear vistas personalizadas de proyectos Fast-Track Schedule transforma la información común de cualquier proyecto en imágenes descriptivas. Se pueden ubicar y mostrar detalles de proyectos específicos a través de una variedad de filtros predeterminados, clasificaciones, y capas, o bien personalizar las propias presentaciones. Posteriormente puede enfatizar estos esquemas con gráficos coloridos, leyendas y logotipos.

Con Fast-Track Schedule, los planes de proyectos pueden convertirse en perfectos reportes gráficos del estado de avance según las necesidades individuales. Fast-Track Schedule da el control para presentar la información como se desee; como una programación, como un calendario, o como un gráfico de recursos. Permite fijar auto estilos por grupo de actividades y diseñar estilos de barra, para representar actividades y eventos específicos de la empresa.

## **F. Normas de construcción**

Guatemala, es un país de alto riesgo sísmico. Es por esto que es importante cumplir con las normas de construcción para poder lograr una edificación segura y resistente.

Las Normas más utilizadas en Guatemala son las Normas Estructurales de Diseño y Construcción para la Republica de Guatemala: AGIES NR-4, Requisitos especiales para vivienda y otras construcciones menores, Normas del Instituto Americano de Concreto (American Concrete Institute, ACI) y Normas del Instituto Americano de Construcción en Acero (American Institute of Steel Construction, AISC).

## VI. PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN

Se asume que se construye un muro representativo de una vivienda de 6.00 metros lineales de longitud, con una altura de 3.00 m, haciendo un área de 18 metros cuadrados de construcción de muro. El muro tiene dos mochetas en sus extremos y una columna en el centro. Además, se asume que las plataformas donde se van a ejecutar ya están hechas. Asimismo en las tablas a continuación, se detalla el proceso de planificación que se hizo para cada sistema constructivo, utilizando los métodos de CPM y PERT. En el método de CPM se hizo la red de actividades en donde se obtiene la ruta crítica y en el método de PERT se estudian los tiempos óptimos y pesimistas para obtener el tiempo estimado. A continuación se muestran fórmulas utilizadas para los siguientes cálculos.

$$T_e = \text{Duración Estimada} = (T_{\text{óptimo}} + 4T_{\text{medio}} + T_{\text{pesimista}})/6$$

$$S_t = (T_{\text{óptimo}} - T_{\text{pesimista}})/6$$

$$V_t = S_t^2$$

- Actividades de muros de mampostería con soleras intermedias de block “U”:
- A. Trazo para excavación de cimiento.
  - B. Excavación de zanjas para cimiento.
  - C. Corte de hierro para columnas, soleras y cimiento.
  - D. Colocado de armadura de cimiento y columnas.
  - E. Centrado cimiento y columnas.
  - F. Fundición cimiento corrido.
  - G. Nivelación y limpieza el perímetro donde se colocaran las unidades de mampostería.
  - H. Colocado temporalmente los bloques para trazar la distribución de estos para así hacer lo que conocemos como el emplantillado.
  - I. Elaboración mortero de pega y colocar los bloques y alinearlos con las columnas o con sus pines.

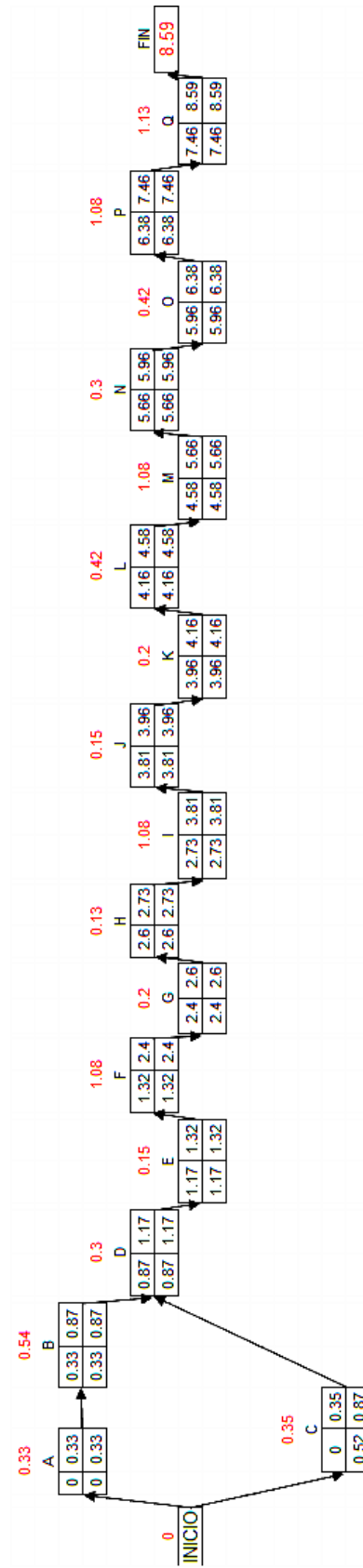
- J. Revisión el plomo de los bloques para obtener un ángulo de 90° con respecto al piso.
- K. Colocación armadura de solera.
- L. Fundición solera intermedia 1.
- M. Continuar con colocación hasta segunda solera intermedia.
- N. Colocación armadura de solera.
- O. Fundición solera intermedia 2.
- P. Continuar con colocación de bloques hasta solera de corona.
- Q. Fundición columnas.

La tabla a continuación muestra las actividades que dependen de otras para poder ejecutarlas. Esto es útil para poder hacer la red de la ruta crítica y así obtener los tiempos más próximos y los tiempos más lejanos de ejecución. Se debe tener en cuenta que la ruta crítica tiene una holgura cero.

**Cuadro No.1**  
Actividades y requisitos para la construcción de un muro de mampostería.

Actividad	Requisito
B	A
D	C, B
E	D
F	E
G	F
H	G
I	H
J	I
K	J
L	K
M	L
N	M
O	N
P	O
Q	P

Cuadro No.2  
**CPM: MUROS DE MAMPOSTERÍA**



Cuadro No. 3

## PERT: MUROS DE MAMPOSTERÍA

Actividad	T óptimo	T pesimista	T medio	Te	Vt
A	0.2	0.6	0.3	0.33	0.26
B	0.25	1	0.5	0.54	0.35
C	0.2	0.5	0.35	0.35	0.22
D	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18
E	0.1	0.2	0.15	0.15	0.13
F	0.5	2	1	1.08	0.50
G	0.1	0.3	0.2	0.20	0.18
H	0.1	0.3	0.1	0.13	0.18
I	0.5	2	1	1.08	0.50
J	0.1	0.2	0.15	0.15	0.13
K	0.1	0.3	0.2	0.20	0.18
L	0.3	0.6	0.4	0.42	0.22
M	0.5	2	1	1.08	0.50
N	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18
O	0.3	0.6	0.4	0.42	0.22
P	0.5	2	1	1.08	0.50
Q	0.8	2	1	1.13	0.45

**$\Sigma$  Duración Estimada = 8.59 días.**

$\Sigma$  St (Desviación Estándar) de la Ruta Crítica = 4.68 días.

**Finalizar en 13.27 días = 50% + 68/2% = 84%.**

**Finalizar en 17.95 días = 50% + 95/2% = 97.5%**

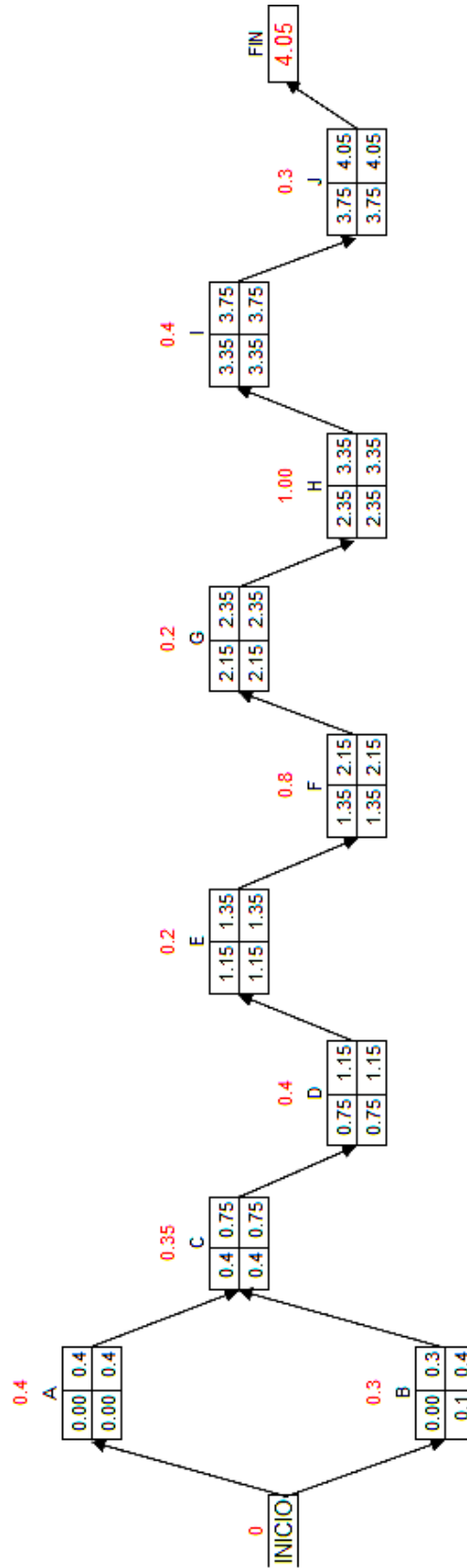
➤ Actividades para la ejecución de muros de concreto tomando en cuenta que el cimiento corrido se funde monolíticamente con las columnas y los muros:

- A. Trazo para cimiento, muros y columnas.
- B. Corte de hierro para cimiento y columnas.
- C. Colocación de armaduras de cimiento.
- D. Colocación armadura de columnas dentro del cimiento y al mismo tiempo colocar electromalla para muros.
- E. Centrado de cimiento, columnas y electromalla.
- F. Colocación formaleta modular con desencofrante.
- G. Revisión plomo de muro y columnas.
- H. Fundición cimiento, columnas y muros (hasta altura de dinteles de vigas) y monolíticamente.
- I. Remoción formaleta modular de los muros.
- J. Aplicación de algún producto para curar concreto.

**Cuadro No.4**  
Actividades y requisitos para la construcción de un muro de concreto.

Actividad	Requisito
C	A, B
D	C
E	D
F	E
G	F
H	G
I	H
J	I

Cuadro No.5  
**CPM: MUROS DE CONCRETO**



Cuadro No. 6**PERT: MUROS DE CONCRETO**

<b>Actividad</b>	<b>T óptimo</b>	<b>T pesimista</b>	<b>T medio</b>	<b>Te</b>	<b>Vt</b>
A	0.2	0.6	0.4	0.40	0.26
B	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18
C	0.2	0.5	0.35	0.35	0.22
D	0.2	0.6	0.4	0.40	0.26
E	0.1	0.3	0.2	0.20	0.18
F	0.6	1	0.8	0.80	0.26
G	0.1	0.3	0.2	0.20	0.18
H	1	1	1	1.00	0.00
I	0.3	0.5	0.4	0.40	0.18
J	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18

$\Sigma$  Duración Estimada = 4.05 días.

$\Sigma$  St (Desviación Estándar) de la Ruta Crítica = 1.73 días.

**Finalizar en 5.78 días = 50% + 68/2% = 84%.**

**Finalizar en 7.51 días = 50% + 95/2% = 97.5%.**

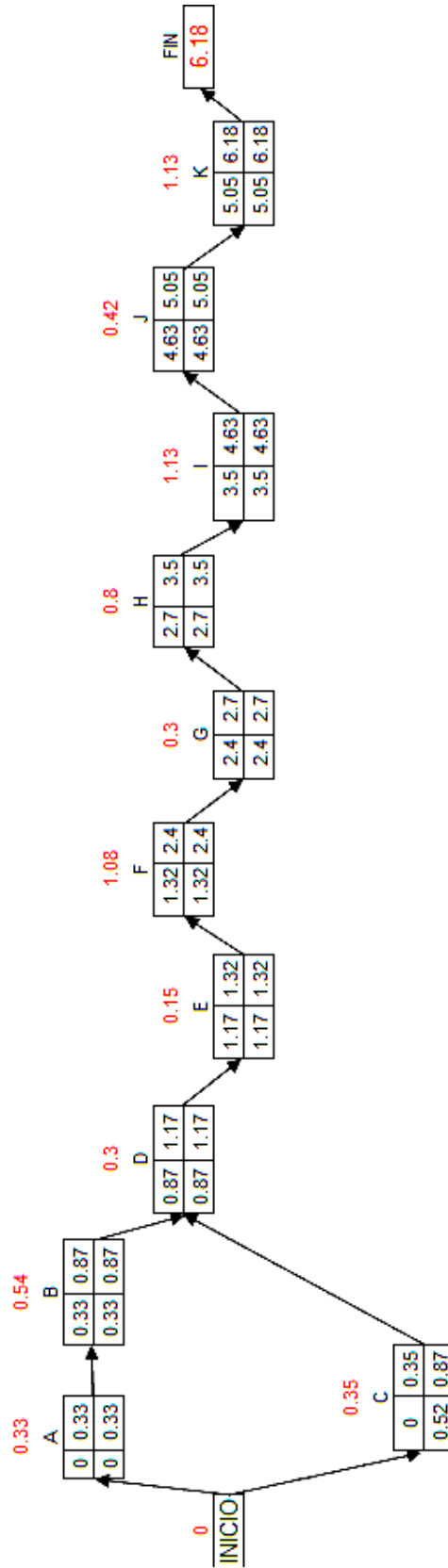
➤ Actividades para muros de Electropanel, Covintec:

- A. Trazo para excavación de cimiento.
- B. Excavación de zanjas para cimiento.
- C. Corte de hierro para cimiento y columnas.
- D. Colocación armadura de cimiento y columnas
- E. Centrado cimiento.
- F. Fundición de cimiento corrido.
- G. Trazo de muros.
- H. Colocación electropaneles Covintec.
- I. Lanzado de concreto para llenar paneles.
- J. Alisado de superficie hasta alcanzar grosor necesitado.
- K. Fundición columnas.

**Cuadro No.7**  
Actividades y requisitos para la construcción de un muro de electropanel.

Actividades	Requisitos
B	A
D	C, B
E	D
F	E
G	F
H	G
I	H
J	I
K	J

Cuadro No.8  
**CPM: MUROS DE ELECTROPANEL**



Cuadro No. 9

**PERT: MUROS PREFABRICADOS COVINTEC**

Actividad	T óptimo	T pesimista	T medio	Te	Vt
A	0.2	0.6	0.3	0.33	0.26
B	0.25	1	0.5	0.54	0.35
C	0.2	0.5	0.35	0.35	0.22
D	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18
E	0.1	0.2	0.15	0.15	0.13
F	0.5	2	1	1.08	0.50
G	0.2	0.4	0.3	0.30	0.18
H	0.6	1	0.8	0.80	0.26
I	0.8	2	1	1.13	0.45
J	0.3	0.6	0.4	0.42	0.22
K	0.8	2	1	1.13	0.45

**$\Sigma$  Duración Estimada = 6.18 días.**

$\Sigma$  St (Desviación Estándar) de la Ruta Crítica = 2.98 días.

**Finalizar en 9.17 días = 50% + 68/2% = 84%.**

**Finalizar en 12.16 días = 50% + 95/2% = 97.5%.**

## **VII. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Se asumieron ciertos puntos que es importante mencionar para que el análisis comparativo de diferentes tipos de construcción sea preciso. Para este estudio se asumió que todos los muros son de una longitud de 6 metros por 3 metros de altura, un muro representativo de 18 m<sup>2</sup>. Además todos los muros llevan dos mochetas en sus extremos y una columna en el centro.

Para el refuerzo horizontal de los muros de mampostería se consideran dos soleras intermedias con block "U". Esto para tomar el tiempo más corto en la ejecución de este sistema constructivo ya que si se toman soleras intermedias tradicionales de cuatro hierros y estribos a cierta distancia, entonces las actividades aumentan. Pero como para vivienda es muy raro que se construyan soleras intermedias de este tipo para los muros, se asume lo antes mencionado. Si se asume que son soleras tradicionales entonces las actividades adicionales podían ser: colocación de formaleta para fundición, tiempo extra en el corte y hechura de la armadura extra para soleras y se atrasa en forma representativa este método.

En la lista de actividades de los muros de concreto se asumió que el cimiento corrido es de un peralte menor que en los otros dos métodos ya que sólo se necesita tener una buena base de suelo para que el cimiento sea de un peralte de 20 cm. y por la rigidez de los muros. Este cimiento se funde monolíticamente con los muros, las columnas y el contrapiso. Además, la electromalla es el único refuerzo horizontal que tienen estos muros para soportar las cargas de corte ya que el refuerzo vertical que son las columnas resisten las cargas de tensión. Se puede observar por la información proporcionada anteriormente que este método es el que menos actividades posee y por lo tanto es más rápida su ejecución. A la vez, la mano de obra necesaria para este tipo de construcción, es menor y no se requiere de mucha experiencia en construcción para poder ejecutar este proceso.

---

de construcción, es menor y no se requiere de mucha experiencia en construcción para poder ejecutar este proceso.

En la lista de actividades de los muros de electropanel o de Covintec se asume que el cimiento tiene que ser construido de la misma manera que en el sistema de muros de mampostería. La única diferencia entre estos dos sistemas es que no se necesitan soleras intermedias, ya que los electropaneles trabajan estructuralmente resistiendo las cargas de corte. El único refuerzo horizontal necesario para estos muros es el remate de la solera de corona, pero esta actividad no se incluye en la programación por que se omite en los otros dos métodos constructivos.

Para comparar los tiempos de ejecución de diferentes sistemas constructivos, se realizan los siguientes pasos para poder obtener resultados precisos. Primero, para el análisis, se toman en cuenta todas las actividades para cada proceso constructivo y luego se estudia el proceso de ejecución para saber que actividades se ejecutan antes para poder realizar las demás. Asimismo, de acuerdo a estos estudios se obtiene la ruta crítica para cada sistema constructivo. Ésta es muy importante ya que su holgura tiene que ser igual a cero, esto es porque es el camino de la programación en el que más se debe tener cuidado ya que si fallamos en cualquier paso entonces nuestro proceso puede ser afectado muy seriamente y esto refleja en la edificación un mayor costo por no ser eficientes y menor utilidad por no tener el cuidado dentro de la red de programación.

Al analizar los resultados en donde se hace la red de CPM para cada sistema de construcción, se puede observar que se requieren más actividades de ejecución en los muros de mampostería que en los otros dos sistemas constructivos. Esto es porque en este sistema de construcción hay un mayor proceso de ejecución y se necesita de una mayor cantidad de mano de obra para poder igualar los tiempos de los otros dos. A la vez según los resultados de

---

las tablas de Pert, se obtuvo el tiempo estimado para las actividades de cada sistema y al hacer la sumatoria de las mismas, se obtiene el tiempo estimado total.

A la vez los materiales utilizados en el sistema de muros de mampostería son relativamente más económicos que en los otros dos, pero se compensa en la mano de obra y por los tiempos de ejecución. Esto quiere decir que si se termina una edificación en menor tiempo entonces podemos arrancar con otra edificación y esto refleja más utilidad a nuestra empresa.

Los tiempos calculados de ejecución para cada sistema constructivo según las dimensiones del muro asumido son:

1. Muros de mampostería:

Tiempo estimado de ejecución: 8.96 días.

2. Muros de concreto:

Tiempo estimado de ejecución: 4.35 días

3. Muros de Electropanel Covintec:

Tiempo estimado de ejecución: 6.54 días

Por lo anterior se puede decir que los muros de concreto se realizan en un tiempo de 51.45% menor con respecto a los muros de mampostería. Igualmente los muros de electropanel se realiza en un tiempo de 27.00% menor con respecto a los muros de mampostería.

De acuerdo con investigación realizada en el mercado de la construcción nacional se obtuvo que el costo por m<sup>2</sup> de los sistemas de construcción es de:

1. Muros de mampostería: Q 325.00/m<sup>2</sup>

2. Muros de concreto: Q 450.00/m<sup>2</sup>

---

### 3. Muros de Electropanel Covintec Q 375/m<sup>2</sup>

Por esto se puede decir que aunque resulten más caros los otros dos sistemas constructivos al sistema tradicional, reflejan una economía en su ejecución debido a los tiempos, por lo que la edificación puede ser utilizada a la mayor brevedad posible. A la vez esto implica que el proyecto se ejecute en un menor tiempo lo que lleva a una mayor productividad en la empresa.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Es importante el uso de redes de programación por medio del método de la ruta crítica para poder establecer las actividades que puede implicar puntos críticos durante el desarrollo del proyecto y así estimar un tiempo de ejecución para poder obtener una mayor eficiencia en su construcción.
2. Las empresas deben implementar los paquetes de planificación que ofrece el mercado para poder lograr un mayor eficiencia, así como el desarrollo de los sistemas constructivos en Guatemala.
3. El diseñador estructural debe considerar los diferentes sistemas constructivos sin olvidar la comunicación con el arquitecto para lograr que no solamente se cumplan los requisitos de imagen o apariencia y función, sino que también se cumpla con los requisitos estructurales. Asimismo para reducir los tiempos de ejecución que llevarán a una mayor productividad.

## **I. BIBLIOGRAFÍA**

1. Antill, James M. Woodhead, Ronald W. 1976. Critical Path Methods in Construction Practice. EE.UU. John Wiley & Sons.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural Sísmica AGIES; 2001. Normas Estructurales de Diseño y Construcción para la República de Guatemala: AGIES NR-4, Requisitos especiales para vivienda y otras construcciones menores. Guatemala.
3. Everard, Noel J., Tanner, John L. 1966. Reinforced Concrete Design. EE.UU. McGraw-Hill.
4. Hillier, Frederick S., Lieberman, Gerarld J. 1991. Introducción a la Investigación de Operaciones. México, McGraw-Hill.
5. Nawy, Edward. 1998. Concreto Reforzado. México, Prentice Hall.
6. O'Brien, James J. 1965. CPM in Construction Management. EE.UU. McGraw-Hill.
7. Wagner, Gerhard. 1973. Los Sistemas de Planificación CPM y PERT Aplicados a la Construcción. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
8. [http://www.forsa.com.co/que\\_es.htm](http://www.forsa.com.co/que_es.htm).
9. <http://www.segeplan.gob.gt/spanish/main.html>