

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EVALUACION DEL FERROCEMENTO
COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO
ALTERNO PARA VIVIENDA EN SERIE

Informe de Proyecto Final
Para Graduación

Realizado por :

VICTOR CALVO BALMA

Julio 1980

TRIBUNAL EXAMINADOR

DR. LUIS ROJAS MONTERO

ING. MARIO VILLALTA SALAZAR

ING. LLOYD ANGLIN

A quienes más quiero.

Mis padres, esposa e hija.

CONTENIDO

	Pág.
<u>CAPITULO I</u>	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Tradicionalismo de nuestra industria de la construcción	11
1.3 El problema de la importación de sistemas constructivos	13
1.4 Características que debe tener un sistema constructivo nacional.	14
1.5 Industrialización	16
<u>CAPITULO II</u> <u>DESARROLLO PRACTICO</u>	
2.1 Introducción	20
2.2 Descripción del sistema constructivo Ferrocemento	22
2.3 Ventajas del Ferrocemento	26
2.4 Pruebas de Laboratorio	30
<u>CAPITULO III</u>	
Análisis estructural	35
<u>CAPITULO IV</u>	
Balance económico comparativo entre el sistema constructivo Ferrocemento y el Sistema de bloques.	37
<u>CAPITULO V</u>	
Conclusiones	40

APENDICES

- Apéndice 1 Planos y esquemas de los
 módulos estructurales u-
 tilizados en el Ferroce-
 mento.
- Apéndice 2 Memoria de cálculo
 Análisis estructural.
- Apéndice 3 Presupuesto de materiales
 y mano de obra de vivien-
 da en serie de interés so-
 cial para dos sistemas
 constructivos diferentes.

OBJETIVO Y ALCANCE

La insuficiencia habitacional en el país ha provocado que tanto el gobierno como el sector privado se hayan abocado a la búsqueda de un sistema constructivo que pueda mitigar, aunque fuere parcialmente, el déficit de viviendas.

El presente trabajo pretende evaluar el sistema constructivo - llamado " Ferrocemento ", y en base a los resultados obtenidos, recomendarlo o no como un sistema constructivo alternativo a los ya existentes, principalmente con miras a la vivienda en serie.

Dicha evaluación consistirá en una comparación económica con el sistema tradicional de bloques de vivienda en serie de interés social, así como también un análisis estructural y constructivo.

INTRODUCCION

El " Ferrocemento " es un término empleado desde hace bastante tiempo pero en realidad es poco conocido por aquellas personas dedicadas a la industria de la construcción. El concepto original de este vocablo fue utilizado para la construcción de barcos de gran calado por ser este liviano y resistente.

El Ing. Mario Villalta Salazar, con una concepción completamente distinta, modificó el planteamiento original y lo desarrolló para convertirlo, después de muchos ensayos, en un sistema constructivo para vivienda económica.

La idea central del Ing. Villalta fue la de industrializar al máximo las estructuras metálicas componentes de la vivienda con el fin de acelerar el proceso constructivo y a la vez minimizar los costos.

Actualmente, este sistema se ha experimentado en vivienda económica en serie en León XIII (INVU), Ciudad Neilly y Tirrases de Curridabat.

La experimentación ha permitido una mayor versatilidad del sistema y ha llegado a emplearse incluso en bodegas y edificios industriales así como también en graderías de estadio como el de Nicoya y el de San Carlos.

El presente trabajo está dedicado únicamente a la vivienda económica en serie tomando como punto de referencia el proyecto de Tirrases de Curridabat el cual albergará a las clases sociales marginadas del Caserío Los Chapulines.

CAPITULO I

1.1 ANTECEDENTES

El grave problema habitacional que sufre Costa Rica actualmente, ha tratado de ser solucionado por medio de sistemas de viviendas en serie.

A pesar de que la actividad en el sector de la construcción de viviendas en serie se ha incrementado en los últimos 10 años, no ha sido suficiente para cubrir las necesidades del país, con el agravante de que cada día es más difícil conseguir nuevos y buenos trabajadores de construcción.

El crecimiento de la población crea necesidades de vivienda convirtiéndose estas en demanda para el sector de la construcción, ya sea por medio de programas financiados por el Gobierno o por el sector público.

Diversas entidades o instituciones han realizado estudios sobre la cantidad de viviendas que se han construido en el país así como también sus proyecciones en el tiempo.

Esto se puede observar en el Cuadro N° 1 cuya extrapolación para requerimientos de vivienda se muestra en el Cuadro N° 2.

De acuerdo con los anuarios de Estadística y Censos e Información del INVU y el IMAS se presenta el gráfico N° 1, el cual muestra una cantidad de viviendas reportadas anualmente incluyendo aquellas en las cuales se otorgó el permiso por parte de las municipalidades. (Esto porque muchas veces se construye sin el permiso de ellas.)

En el cuadro siguiente N° 3 se adjunta la información anterior con el área total en metros cuadrados y el costo en millones

CUADRO Nº 1
CANTIDAD DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS
Y ESTIMADAS POR AÑO

Año	Nº de viviendas construidas (*)	Nº de viviendas estimadas (*)	Diferencia	Tasa de crecimiento (%)
1973	10508	10200	308	-----
1974	10452	10800	- 348	0.5
1975	9732	11200	-1468	-6.9
1976	11951	11800	151	22.8
1977	14160	12300	1860	12.48
1978	14110 **	12800	1310	-0.4
1979	-----	13100	-----	-----
1980	-----	13700	-----	-----

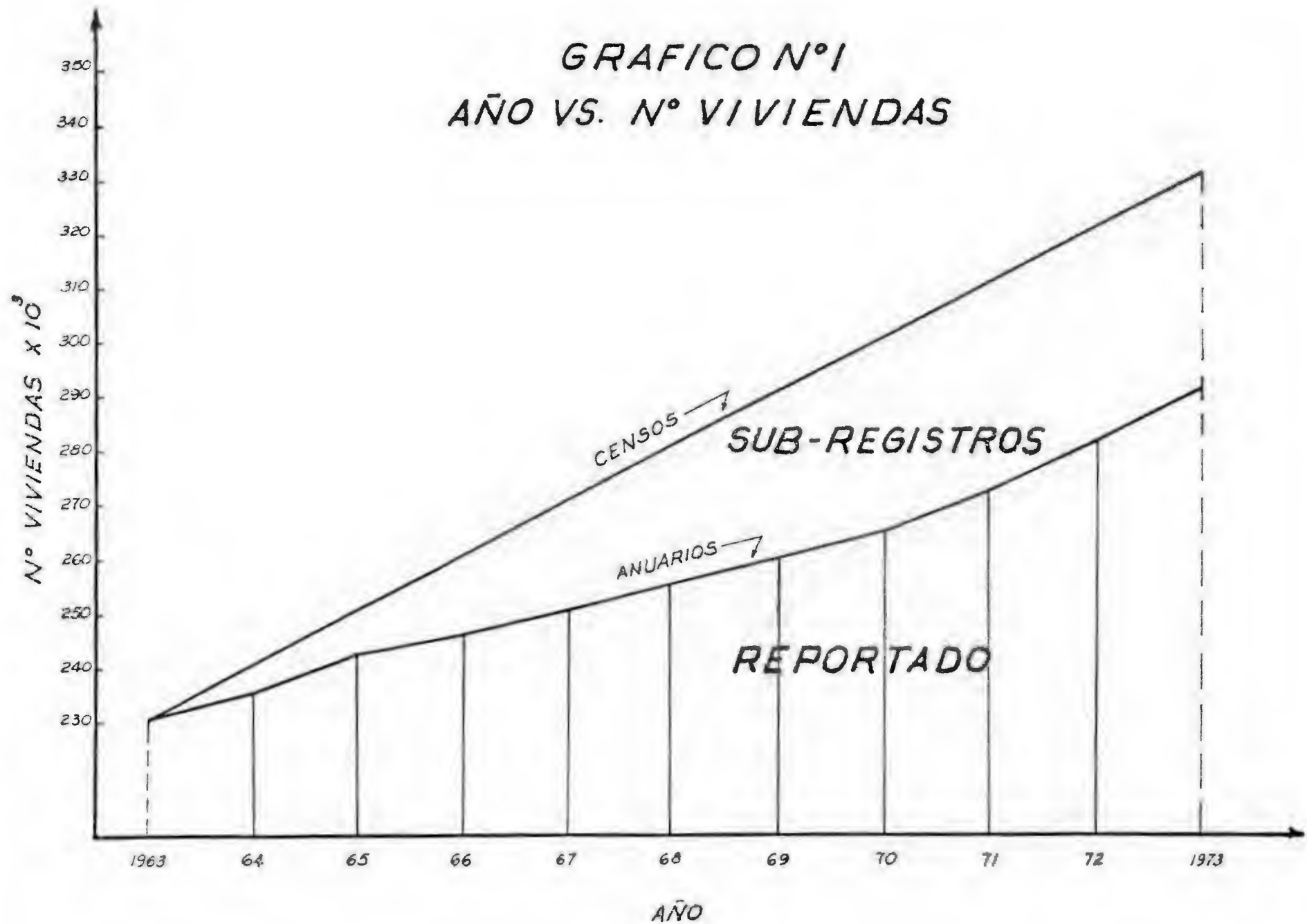
Notas : (*) Datos facilitados por el INVU

(**) No se consideran construcciones del IMAS

CUADRO N° 2
ESTIMACION DE VIVIENDAS REQUERIDAS
POR AÑO

AÑO	N° DE VIVIENDAS
1978	12.241
1979	13.361
1980	14.545
1981	15.794
1982	17.107
1983	18.485
1984	19.928
1985	21.435
1990	29.937
1995	40.054
2000	51.784

GRAFICO N°1
AÑO VS. N° VIVIENDAS



CUADRO Nº 3
Nº DE VIVIENDAS SEGUN ANUARIO INVU E IMAS
1963-1977
(NO CONSIDERA SUBREGISTROS)

AÑO	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Nº viviendas	4171	3382	3575	3181	3452	4253	3989	4685
INVU	----	----	----	----	1286	724	149	666
IMAS	----	----	----	----	----	----	----	----
Area en m ²	353.149	264.826	304.903	293.773	308.866	428.717	372.125	423.301
Valor en millones de <u>co</u> lones.	69,33	53,75	69,10	71,90	74,22	115,24	98,65	114,49

Continuación Cuadro N° 3

N° de viviendas según Anuario, INVU E IMAS

AÑO	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
N° de viviendas	6273	6677	8745	9261	8213	9145	11163
INVU	1267	1746	1054	732	847	1992	2265
IMAS	----	807	709	459	672	814	732
Area en m ² .	570,959	607,811	796,235	835,295	687,934	698468	853112
Valor en millones de colones.	160,35	188,03	292,86	399,05	406,39	468,64	639,92

Resultado del censo 1963 : 23.153 viviendas

Resultado del censo 1973 : 330.857 viviendas

CUADRO N° 4

ESTIMACION DEL N° DE VIVIENDAS AREA Y VALOR

CONSIDERANDO CORRECCION POR SUBREGISTROS

AÑO	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
N° viviendas	9880	9091	9284	8900	9161	9972	9698	10394
Area en mt ²	836.530	711825	819334	819334	819635	1.002884	904726	932098
Valor en millones de ¢	164,22	144,49	179,45	200,64	196,96	269,57	239,83	253,99
Area promedio en m ² .	84,67	78,30	85,29	96,06	89,47	100,57	93,29	90,35
Costo/m ²	196,31	202,99	226,63	244,76	240,30	268,80	265,09	270,47
Costo/vivienda en Colones	16.621	158,94	193.29	22.533	21.500	27.033	24.730	24.437

Estimación del número de viviendas, área y
valor considerando corrección por subregistros.

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Nº de viviendas	11981	15350	14453	14970	13922	14854	16872	17950
Area en mts ²	1090511	1021543	1315945	1350144	1160107	1334549	1289358	1364200
Valor en millones de colones	306,25	328,44	484,02	645,04	688,87	761,19	967,19	1152,48
Area promedio en mts ² .	91,02	66,55	91,05	90,19	83,76	76,38	76,42	76,00
Costo /mt ² .	280,83	321,52	367,81	477,76	590,75	670,92	750,43	844,80
Costo/vivienda	25561.00	21397.00	33489.00	430089.00	49481.00	51245.00	57325.00	64205.00

CUADRO Nº 5

ESTIMACION DEL NUMERO DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS
EN COSTA RICA POR EL SECTOR PUBLICO Y PRIVADO.

Año	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Total viviendas construidas	9880	9091	9284	8900	9169	9972	9698	10394
Sector Público	1867	1640	742	779	1527	1117	633	1588
INVU otras Instituciones Públicas.	1696	1801	1636	999	1084	1392	1209	1271
Total	3563	3441	2378	1778	2611	2509	1842	2859
Sector Privado Total	6317	5650	6906	7122	6550	7463	7856	7535

Continuación Cuadro N° 5
Estimación del número ...

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Total viviendas construidas	11281	15350	14453	14970	13922	14854	16872	17950
Sector Público	1902	2197	1625	1267	1263	3055	3279	2987
INVU Otras Instituciones Públicas	1937	3473	3184	4203	4526	3990	7222	7650
Total	3839	5670	4879	5470	5789	7054	10501	10637
Sector Privado Total	8142	9680	9571	9500	8133	7809	6371	7313

de colones.

En el cuadro N° 4 se presentan los datos con una corrección - llamada de sub-registro la cual incluye aquellas viviendas re - portadas por las diferentes municipalidades.

En base al censo de 1973, 332,212 viviendas estaban ocupadas por 1,871.780 personas; con un promedio de 5,6 personas por - vivienda.

Si observamos el cuadro N° 2, notaremos que la estimación de viviendas para el año 1980 es de 14.545 y va aumentando pro - gresivamente en el tiempo. Esto nos hace pensar seriamente - en el problema del déficit de vivienda puesto que lo que suce - de es que se van acumulando las viviendas que no se pudieron construir en un determinado año al sub-siguiente, creando gra - ves problemas al potencial constructivo del país.

Lo apuntado anteriormente nos induce a tratar de encontrar - un sistema constructivo alternativo para vivienda en serie, el - cual resulte tentativamente más económico y más ágil que los sistemas tradicionales de construcción, logrando con él una - disminución en el déficit mencionado.

1.2 TRADICIONALISMO DE NUESTRA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

Es evidente que la Industria de la construcción en nuestro - país se ha resistido, por múltiples razones, a un cambio sus - tancial que involucre mejoras en los sistemas constructivos existentes.

Los altos capitales que se han invertido en maquinaria industrial ha contribuido a que se limite el desarrollo de nuevos sistemas que a la postre puedan competir con los tradicionales.

Son palpables los casos en que se han propuesto, por ejemplo, bloques de arcilla mucho más funcionales que los tradicionales bloques de concreto pero que se ven forzados a salir del mercado dado el inmenso monopolio que se tiene de los segundos. Además, estas mismas empresas que monopolizan esos elementos de construcción ejercen una competencia desleal que aniquilan a cualquier empresario que trate de ofrecer una solución que mejore el proceso.

Por otro lado, la mano de obra con que se cuenta actualmente, principalmente aquellos que tienen varios años de estar en el oficio, se resiste a emplear nuevos cambios, dado que están condicionados tanto física como mentalmente a las innovaciones; de ahí, que tal vez se adapten y den mejores rendimientos los jóvenes que los viejos. A esto podría agregársele también el hecho de que un alto porcentaje de la mano de obra en el sector de la construcción es una " población flotante " ya que en determinados períodos del año cambian de actividad o sencillamente manifiestan inestabilidad en sus trabajos.

Entonces, los factores antes mencionados constituyen un obstáculo para que se desarrollen mejoras en los sistemas constructivos existentes como también para desarrollar otros nuevos.

Por lo tanto, todas aquellas contribuciones a la investigación y experimentación deberán canalizarse en forma individual representando un gran sacrificio económico para el que intente hacerlo por la falta de respaldo financiero de parte de algún organismo gubernamental o institución interesada en esta problemática situación.

1.3 EL PROBLEMA DE LA IMPORTACION DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

En general, el problema de la dependencia tecnológica no solo atañe a la industria de la construcción sino también a muchas otras áreas de producción nacionales.

La carencia de bienes de capital suficientes hace que nuestros países en vías de desarrollo se vean en la necesidad de recurrir a los potentados debido a lo costoso que resulta la investigación y experimentación en diversos campos de la técnica y la ciencia.

Esto no quiere decir que en nuestro país no haya personas capaces para promover la investigación y experimentación sino que no hay un estímulo positivo hacia esas personas para que tal acción se lleve a cabo.

Lo que sucede es que no se ha puesto en marcha una política

de planificación a nivel nacional, en cuanto a transferencia tecnológica se refiere, para solucionar la falta de una selección adecuada en la importación de productos y sistemas provenientes del extranjero.

Refiriéndose concretamente a algunos de los sistemas constructivos actuales, es cierto que muchos de ellos han tenido éxito en otros países, sin embargo, también hay que tomar en cuenta que esos mismos sistemas fueron desarrollados para otras condiciones, ellas podrían ser climáticas, topográficas, industriales y económicas, medio ambiente, etc., en fin, patrones de desarrollo completamente distintos a los nuestros.

1.4 CARACTERISTICAS QUE DEBE TENER UN SISTEMA CONSTRUCTIVO NACIONAL.

a.- El sistema debe ser ágil, es decir, que la utilización de maquinaria pesada u otro equipo sofisticado no sea un obstáculo para un buen desarrollo del mismo.

Esto de ninguna manera quiere decir que se esté en contra de utilizar los adelantos técnicos en cuanto a maquinaria se refiere, sino hay que tomar en cuenta que el sistema constructivo esté planificado de tal forma que esta maquinaria no desplace la mano de obra, implicando por consiguiente problemas de tipo socio-económico debidos a un marcado crecimiento en el desempleo.

En resumen, un sistema constructivo nacional debe ser lo más manual posible sin que esto signifique una disminución de la eficiencia ya que los costos actuales de mano de obra, explícitamente de albañilería, no justifican el empleo de equipo mecánico sofisticado - muy en boga cuando se trata de vivienda en serie.

- b.- El sistema debe ser versátil, es decir, que se puede aplicar en diferentes tipos de construcción tales como edificios industriales, bodegas, vivienda económica, vivienda media, muros de retención, graderías, etc. Por otro lado, debe adaptarse a las condiciones topográficas así como también a las climáticas, aprovechando de esta forma terrenos que en la actualidad no se han explotado.
- c.- El sistema debe ser económico, es decir, dado el grave problema habitacional que sufre el país actualmente, se debe emplear un sistema constructivo que satisfaga los requerimientos de vivienda (principalmente para los estratos sociales marginados) y que a la vez, aquellos organismos estatales encargados de velar por este problema estén en capacidad de solventar los económicamente.

Es de todos conocido que tratándose de vivienda para

clase marginada, no es suficiente el hecho de que el sistema sea económico sino que además debe poseer durabilidad para que contrarreste los embates groseros contra la vivienda por parte de sus ocupantes.

Se da el caso de viviendas económicas construidas con un pequeño zócalo y el resto de la estructura utilizando módulos de madera, y al cabo de pocos años han quedado con alto porcentaje de destrucción. Esto ocurre porque la madera, para estos efectos, no es lo suficientemente resistente al maltrato continuo.

d.- El sistema debe ser antisísmico, requisito primordial en nuestro país para de esta forma salvaguardar la seguridad de sus moradores.

Deberá por tanto seguir los lineamientos dictados por el Código Sísmico de Costa Rica.

1.5 INDUSTRIALIZACION

La enorme demanda de bienes y servicios a traído como consecuencia el darse a la tarea de implementar metodologías para incrementar la producción de los mismos.

La Industrialización ha beneficiado a muchos países en los aspectos socio económico y político, ya que los complejos industriales constituyen fuentes de trabajo, a la vez que -

minimizan los costos de producción debida a la rapidez con que se ejecuta el proceso de fabricación. Si los procesos de fabricación resultan ser empíricos, provocan una disminución en el rendimiento de la producción elevando, por consiguiente, los costos.

Actualmente, la industrialización en los diferentes campos de la producción ha presentado un avance tecnológico vertiginoso precisamente por lo dicho anteriormente, es decir, a un incremento desmesurado en la demanda de bienes y servicios.

En el caso concreto del problema deficitario de viviendas se hace necesario acelerar el proceso, ya que el volumen de construcción así lo amerita.

El sistema constructivo llamado " Ferrocemento ", parece ser el que más se puede ajustar a esta situación ya que ha industrializado al máximo todos los módulos componentes de una vivienda, ejecutando estos en un taller especializado en estructuras metálicos.

La maquinaria utilizada en estos tipos de talleres son relativamente de bajo costo puesto que son muy conocidas por todos y además se pueden adquirir fácilmente en el mercado nacional. Lo que se necesita son máquinas soldadoras, guillotinas, cortadoras de acero y por supuesto las herramientas elementales para un soldador cuales son : la máscara protectora, mazos, seguetas, etc.

La mano de obra requerida se compone básicamente de soldadores y ayudantes de soldador.

Las instalaciones físicas para un taller de esta naturaleza puede tener un área mínima aproximada de 300 a 400 mts.², - para poder dar albergue a la maquinaria requerida, así como también a las estructuras en proceso de ejecución.

El ciclo de trabajo comienza desde que ingresa el material al taller, ya que éste se va seleccionando de acuerdo a sus dimensiones y a su calidad.

Explícitamente si se trata de pérfiles metálicos, se selecciona de acuerdo a su sección, tamaño, calibre, etc., para ser colocados posteriormente en un sitio que sea accesible y manejable.

Cada una de las piezas metálicas es cortada ya sea por medio de guillotina o cortadora de acero, siguiendo las dimensiones especificadas en los planos y luego se van numerando para que el soldador no se confunda cuando le corresponda - armar y soldar los diferentes elementos de la estructura.

La última etapa consiste en cubrir la estructura con un cedazo metálico y situar los módulos terminados en un lugar adecuado; esto para dar facilidad a un transportista de cargarlos en su vehículo y a la vez que no constituyan un obstáculo para la buena marcha del proceso.

Como podrá observarse, el ciclo de trabajo es muy sencillo,

no se requiere de maquinaria complicada, se evitan los desperdicios de materiales, y por otro lado para proyectos medianos donde el volumen de trabajo es más o menos considerable, tiene la ventaja de que ocupa poca mano de obra.

Un caso particular se presenta en que para un volumen de trabajo de 100 viviendas se requirieron 10 trabajadores entre soldadores y ayudantes, mostrándose una eficiencia óptima para dar abasto con la demanda.

CAPITULO 2

DESARROLLO PRACTICO

2.1 INTRODUCCION

Con el afán de erradicar en parte el problema habitacional - de uno de los sectores marginados del país, el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), abrió una licitación a finales del año 1979 para la construcción de 200 " cascarones " para vivienda de interés social. Se entiende en este caso por - " cascarones ". la erección de paredes, chorrea de pisos de concreto lujado, además de previstas para agua potable y de aguas negras. El área de construcción de cada una de las vi_iviendas es de aproximadamente 50 mt.²

Para tal efecto las empresas constructoras cotizaron, en su gran mayoría, con el sistema constructivo de bloques de concreto (12 x 20 x 40 cm.), es decir, bloques tipo Patarrá, - y solo una de ellas representando el sistema constructivo - llamado " Ferrocemento "

Cabe mencionar que en este proyecto en particular, localizado en Tirrases de Curridabat, se dividió la licitación en 2 partes correspondiéndole 100 cascarones a una empresa que utiliza bloques de concreto y los 100 restantes a la única em_presa, hasta el momento que utiliza el sistema " Ferrocemento ".

Se pretende ahora, en base a las estadísticas sobre demanda de vivienda presentadas en el capítulo anterior, hacer una evaluación del sistema constructivo " Ferrocemento " desde el punto de vista constructivo, estructural y económico, tomando como referencia el proyecto en mención. Dicha evaluación estaría encauzada a encontrar un sistema constructivo alternativo que pueda competir con los ya existentes.

Y de esta forma tratar de sufragar en parte la creciente demanda de vivienda en el país.

2.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO FERROCEMENTO

El sistema consiste básicamente en una combinación de marcos o pórticos rígidos de acero anclados en sus extremos inferiores mediante dados de concreto individuales, con paredes que actúan como muros de carga.

Haciendo uso de un proceso industrial, es posible preparar en un taller especializado cada uno de los módulos componentes de la vivienda para ser trasladados posteriormente al sitio de construcción.

Los módulos consisten de perfiles acanalados de acero los cuales van a conformar las columnas y las vigas corona y de amarre. En este caso en particular, para vivienda económica en serie, se utilizan dos perfiles RT2 # 16 para la viga superior, dos perfiles RT2 # 16 para las columnas y una RT3 # 16 para las vigas de amarre. Todos estos elementos van soldados entre sí para formar el marco principal.

En la parte interna del marco se coloca una malla constituida por tubos metálicos de sección cuadrada, los cuales tienen una dimensión de 22 x 22 mm. x 1 mm. de espesor.

Estos se sueldan entre sí espaciados a una distancia de aproximadamente un metro en ambas direcciones.

En los buques de puertas y ventanas se colocan tubos de sección rectangular de 25 x 50 mm. x 1 mm. de espesor.

Toda la estructura se cubre por ambos lados, excepto en los

buques de puertas y ventanas, con un cedazo metálico cuyas aberturas son de 2,5 cm.

Los esquemas de cada uno de los módulos de la vivienda típica son presentados al final, en el anexo N° 1.

El proceso enunciado anteriormente se ejecuta en el taller y solo resta el transporte de las piezas al campo.

El trazo de la vivienda se realiza utilizando el mismo procedimiento de cualquier otro sistema constructivo, es decir, - empleando yuguetas, cuerda de nylon, manguera de niveles, - etc.

Generalmente, para vivienda económica de una planta se hacen zanjas relativamente profundas para la chorrea de cimientos cuando se utiliza " ciclópeo " o placa corrida.

En este caso en particular, el sistema utiliza una zanja de aproximadamente 30 cm. de ancho por 5 cm. de altura, si se trata de terreno plano, y en las esquinas se excavan unos hoyos de 60 x 60 x 80 cm.

Inicialmente se chorrea concreto en la zanja, la cual va a - actuar como soporte de la viga de amarre. Luego al fondo de los hoyos se le chorrea una pequeña capa de concreto. Dichos hoyos constituirán posteriormente los anclajes de las columnas.

Una vez que el concreto de los cimientos ha endurecido, se procede a efectuar el montaje de los módulos.

Dado que las estructuras son livianas, no es necesario utilizar ningún tipo de maquinaria pesada para levantarlas. Se requiere de un mínimo de 3 hombres para colocar los módulos en su sitio. Para mantener su verticalidad, las estructuras son amarradas con alambre a unas estacas clavadas a ambos lados de la misma. Este proceso continúa con los demás módulos de la vivienda hasta armarla totalmente.

Cualquier desplome de las estructuras es corregido inmediatamente para que acto seguido se principien a soldar los módulos entre sí. Para darle mayor rigidez a las juntas, la soldadura se coloca corrida y no por puntos. (Fig. 2.1)

El siguiente paso consiste en tensar el cedazo que cubre la estructura. Esto se hace ya sea por medio de una herramienta metálica en forma de " L ", confeccionada en el sitio o por medio de un alicate común y corriente. Simultáneamente a esta actividad se va arrollando alambre negro en un tubo y de esta manera formar una especie de muelle en espiral. Este muelle se va cortando para producir unas argollitas que serán colocadas en el cedazo tensado en ambos lados de la estructura. La función principal de estas argollitas es la de enlazar los cedazos para que estos no cedan y se abran.

(Figura 2.2).

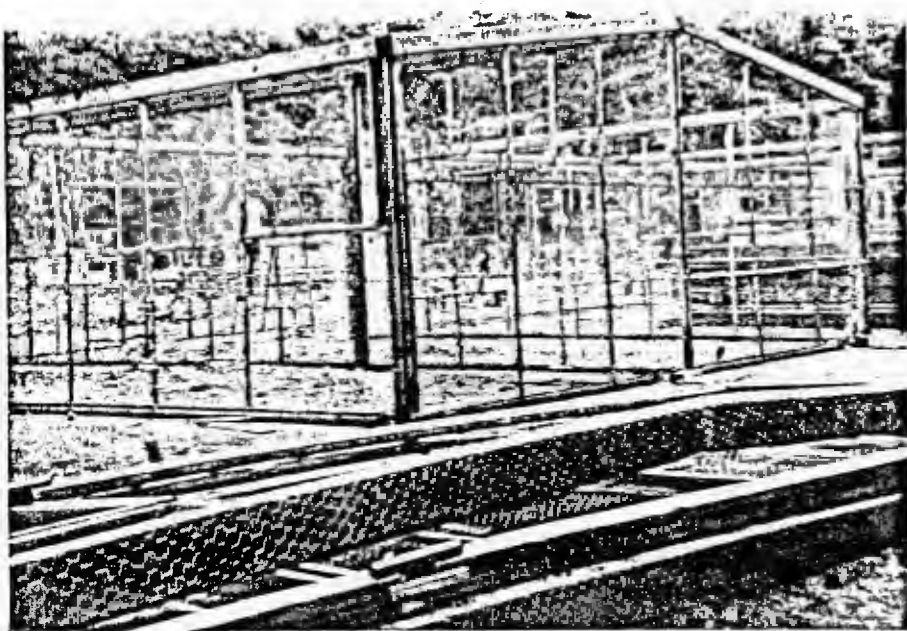


FIG. 2.1



FIG. 2.2

La obra " gris " se inicia a partir de este momento porque - se procede a chorrear con concreto los dados que anclarán a las columnas.

Con respecto a las paredes, utilizando un mortero con arena que pasa el tamiz de 1/4 " y con una dosificación 1:3, se comienza a rellenar el espacio libre entre ambos cedazos tensados. La pasta del mortero debe tener una consistencia ade-cuada; no debe ser muy líquida puesto que entonces se derramaría por entre las aberturas del cedazo, tampoco puede ser muy seca porque esta condición disminuiría de trabajabilidad de la mezcla.

La aplicación de este mortero de relleno se efectúa " unta - do ", empleando únicamente la cuchara de albañil. (Figura 2.3),

La figura 2.4 muestra una pared con relleno completo.

Este sistema prevee las guías para el " maestreado " de la - pared cuando se procede a repellarlas. Para ello los tubos de 25 x 50 mm. son de mucha ayuda y no se necesitará de cu - bos de madera para lograr este fin (Figura 2.5).

Para el acabado final de repello se utiliza una mezcla de - mortero con una dosificación 1:3 cuya arena pasa el tamiz - Nº 20 (correspondiente al simple cedazo fino empleado para " zarandear " arena).

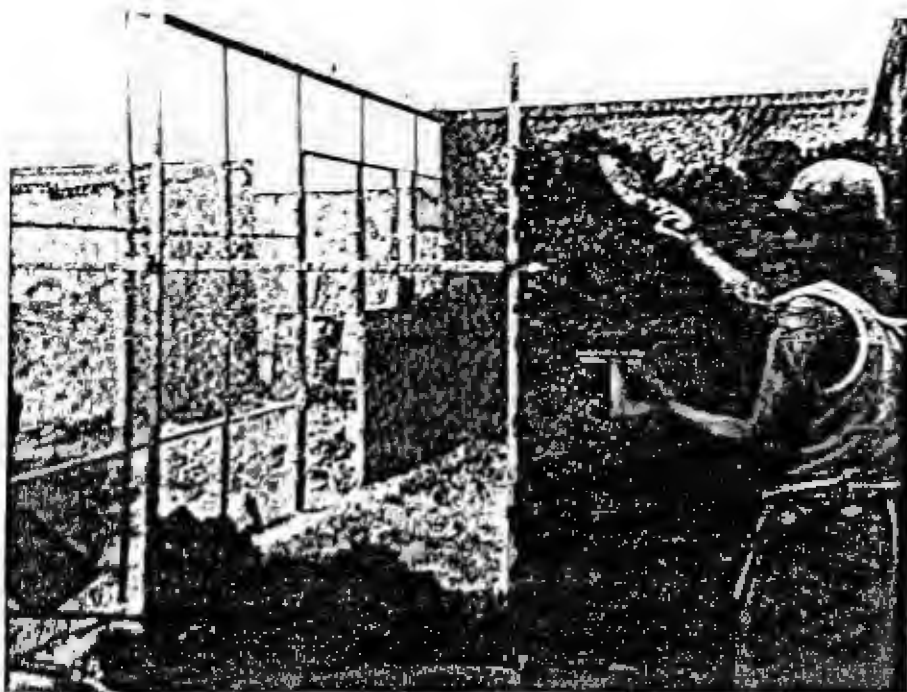


FIG. 2.3

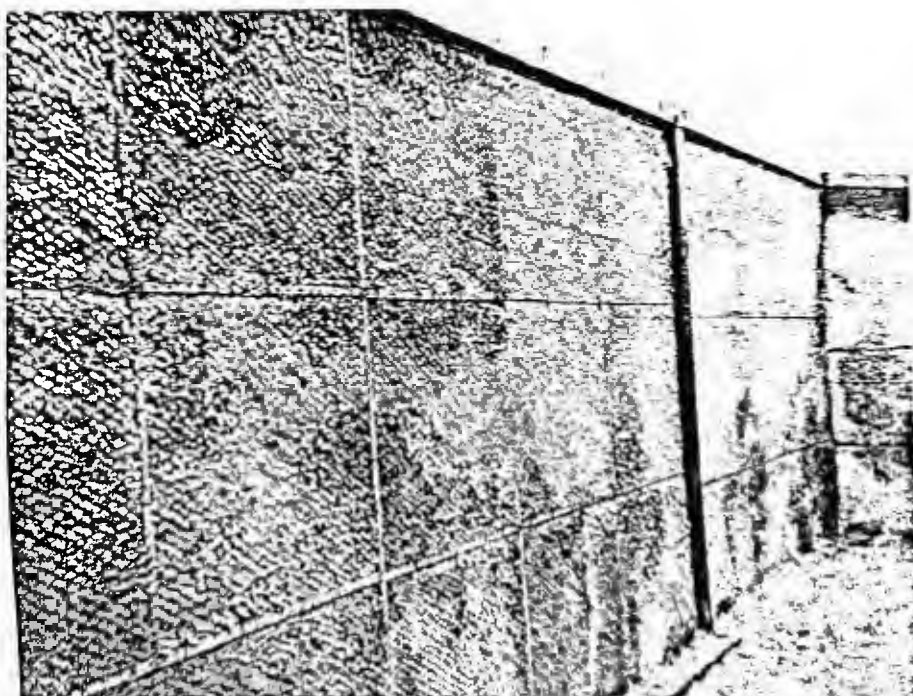


FIG. 2.4

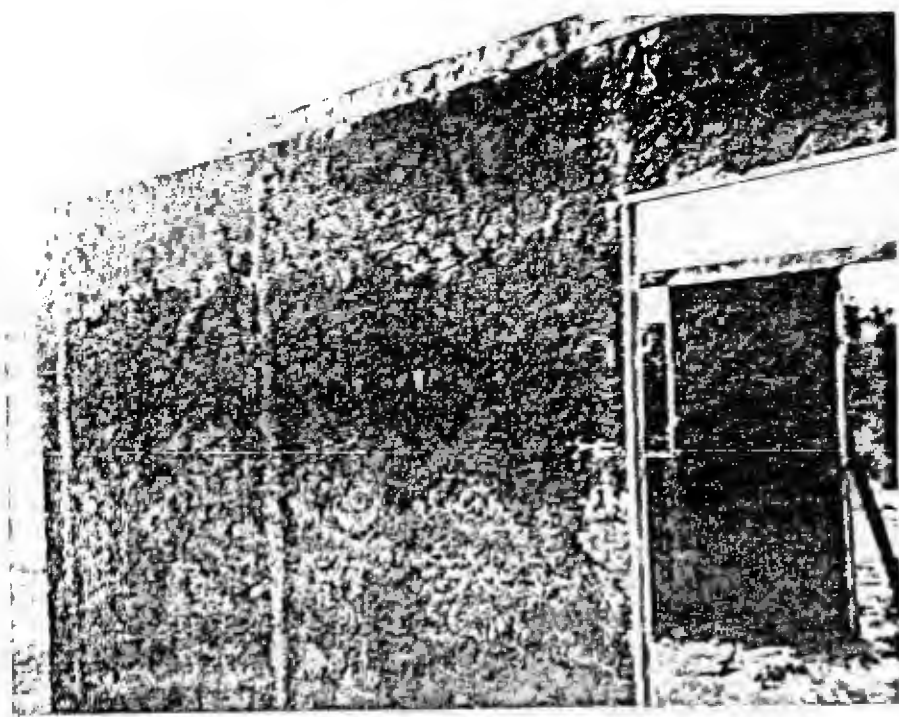


FIG. 2.5

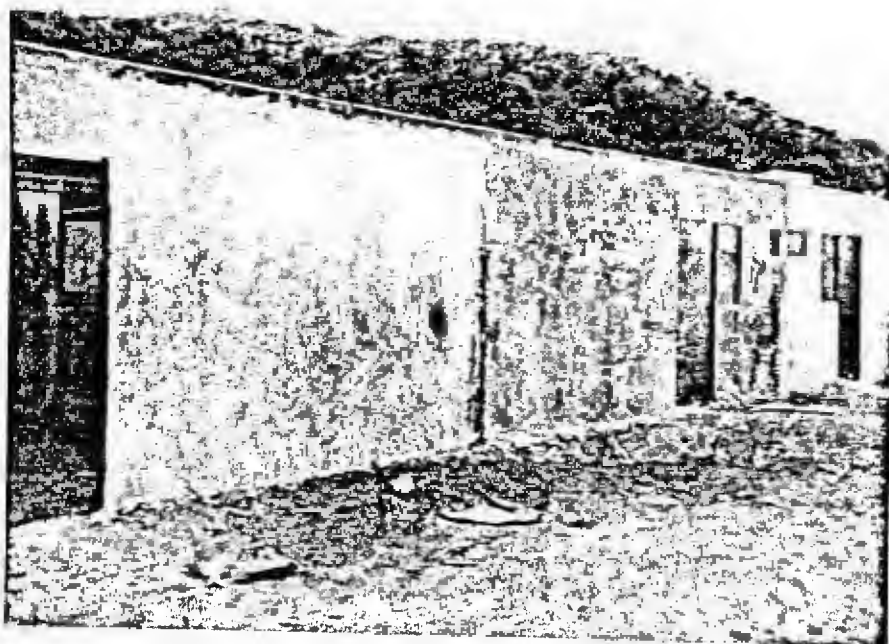


FIG. 2.6

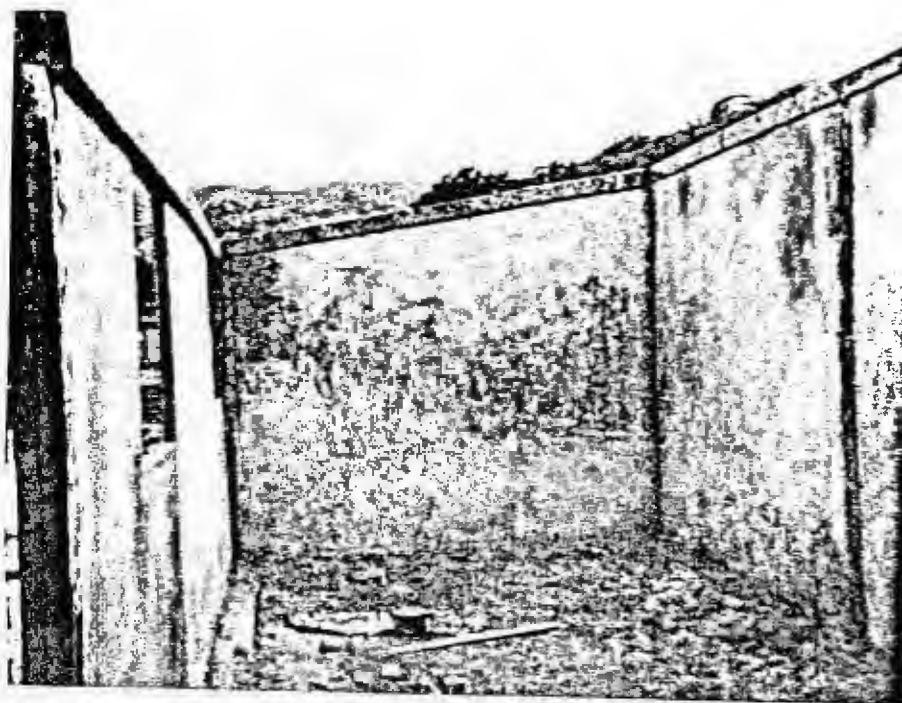


FIG. 2.7

- Las figuras 2.6 y 2.7 ilustran las paredes terminadas tanto interior como exteriormente, las cuales tendrán un espesor final de 5.5 cm. aproximadamente.
 - Básicamente el sistema consiste en las actividades antes mencionadas. Las demás actividades como son colocación del techo, instalación eléctrica, instalación mecánica, etc., podrían tomarse como constantes para cualquier sistema constructivo, salvo ciertas ventajas inherentes al Ferrocemento que serán presentadas posteriormente.
- Obviamente todas esas actividades mencionadas están planificadas para vivienda en serie, por lo tanto, existen cuadrillas de obreros que se dedican a una actividad en particular, las cuales al terminar una casa pasan a la siguiente.

2.3 VENTAJAS DEL FERROCEMENTO

- El transporte para el acarreo de materiales por vivienda, resulta muy económico puesto que solamente en el traslado de los módulos del taller al campo se economiza tiempo y dinero. Un vehículo puede transportar la totalidad de módulos para 5 viviendas en un solo viaje, mientras que para vivienda de bloques se necesitará más de un viaje. Esto porque por lo general la capacidad de los vehículos es para 1000 bloques tipo Patarrá.

- El tipo de cimiento resulta muy ágil puesto que consiste en una capa delgada de 5 cm. de concreto y no necesita armadura, esto mismo sucede con los dados de anclaje.
- Por la condición anterior, la instalación de previstas para aguas residuales y agua potable puede hacerse aún con paredes terminadas ya que la excavación de la zanja para dichas previstas no interfiere con los cimientos. Esto no sucede en la vivienda de bloques puesto que los cimientos son por lo general de ciclópeo o placa corrida y por consiguiente las zanjas para las previstas y su colocación deben hacer hacerse antes de chorrear los cimientos.
- En la instalación eléctrica se puede economizar el tubo conduit porque los tubos cuadrados de 22 mm., que forman parte de la malla de la pared, pueden utilizarse como bajantes de los cables eléctricos por la condición de ser huecos los tubos.
- En la colocación del techo se tiene también una economía porque este sistema no utiliza solera en la parte superior de la viga. La cubierta de techo puede atornillarse directamente a los perfiles de la viga.
- Otra de las ventajas inherentes al sistema es el hecho de poder techar sin haber chorreado las paredes. En tiempo de

invierno esto resulta ser de gran provecho puesto que aumentan las horas hombre, las cuales no son aprovechadas en su totalidad durante esta estación del año.

-Una de las particularidades del sistema es el de aprovechar el tubo de 25 x 50 mm. como marcos de puertas y ventanas economizando de esta forma la madera cepillada utilizada en las viviendas de bloques.

-Las venillas exteriores para marcos de puertas y ventanas pueden venir soldadas a los mismos desde el taller y atornillar las interiores una vez colocados los vidrios. Este procedimiento redunda en una economía de tiempo.

-La resistencia de las paredes resulta ser mucho más elevada que la correspondiente a las paredes de bloques. Esto se corrobora con las pruebas de laboratorio presentadas en el apartado 2.4.

-El sistema tiene la ventaja de no utilizar formaleta de ninguna especie porque la viga corona así como las columnas son perfiles metálicos.

-Una de las ventajas más significativas es la del tiempo de ejecución. El taller con un personal de 10 hombres, puede producir alrededor de 7 viviendas por semana, es decir, una vivienda diaria.

Los trabajos de campo propiamente pueden tardar una semana en

tener listo un cascarón que incluye cimientos, paredes y pisos con su respectiva instalación de previstas de aguas negras y agua potable.

-En una vivienda de bloques se tardó aproximadamente 14 días para obtener los mismos resultados.

Nota : Los tiempos anteriores fueron verificados en el sitio - de construcción.

2.4 PRUEBAS DE LABORATORIO :

Con el fin de obtener información sobre las mezclas de concreto y mortero utilizadas en el proyecto, se sometieron varias muestras a la prueba de resistencia a la compresión. Todas las pruebas se llevaron a cabo siguiendo las especificaciones ASTM. C-39 y C-109.

Para la prueba de la mezcla de concreto se moldearon cilindros de 15,24 cm. de diámetro por 30,48 cm. de altura, es decir, con una relación $H/D = 2$. Esta relación corresponde al tamaño estándar de cilindros de muestra especificados por la ASTM.

En este caso, la mezcla correspondía a la utilizada en las cimentaciones, explícitamente a los anclajes o dados de concreto.

La dosificación volumétrica empleada fue de 1:2:4, y los cilindros fueron fallados a los 28 días. Esto dió como resultado una resistencia promedio de 180 kg/cm.²

Esta resistencia es aceptable para este tipo de cimentaciones ya que corresponde a una vivienda de una planta cuya estructura es relativamente liviana.

Para la prueba de los morteros se utilizó un procedimiento - diferente. Se moldearon cubos de 5.08 cm. con una dosificación volumétrica de 1:3, es decir, un volumen de cemento Portland Tipo 1 por tres de agregado fino.

En esta ocasión, como la arena de tajo poseía humedad, se hizo preciso efectuar un ajuste en la relación agua-cemento, - la cual usualmente es de 0,41 por peso en condiciones normales.

Anteriormente se dijo que para las paredes se utilizaban dos tipos de mortero : uno para relleno y otro para repello, por tal motivo se moldearon los cubos correspondientes para cada actividad con sus respectivos granulometrías de arena.

La arena de tajo utilizada en el mortero de relleno pasaba - el tamiz N° 4 y la del mortero de repello pasaba el tamiz - N° 20. El total de muestras para ambas granulometrías fue - de 24, fallándose la mitad de ellas a los 7 días y el resto a los 28 días.

Los siguientes cuadros resumen los datos obtenidos :

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 7 DIAS

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	MUESTRA Nº	RESISTENCIA f'c (kg/cm ²)
Mortero de relleno para paredes con arena pasando tamiz Nº 4	1	120
	2	133
	3	133
	4	134
	5	129
	6	132

(Resistencia promedio f'c = 130 kg/cm.²)

Mortero de repello para paredes con arena pasando tamiz Nº 20	1	111
	2	103
	3	100
	4	100
	5	116
	6	113

(Resistencia promedio f'c= 107 kg/cm.²

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS.

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	MUESTRA Nº	RESISTENCIA f'c (kg/cm ²)
Mortero de relleno para paredes con arena pasando tamiz Nº 4	1	198
	2	208
	3	210
	4	212
	5	199
	6	205

Resistencia promedio f'c = 205 kg/cm²

Mortero de repello para paredes con arena pasando tamiz Nº 20	1	156
	2	171
	3	162
	4	167
	5	170
	6	170

Resistencia promedio f'c = 166 kg/cm²

Concreto para cimentaciones dosificación 1:2:4	1	186
	2	176
	3	178

Resistencia promedio f'c = 180 kg/cm².

Los cuadros anteriores indican que la resistencia de los morteros de relleno y de repello a los 28 días son 205 y 166 - kg/cm.² respectivamente. Estos valores están muy cercanos a una relación utilizada para concretos que contienen cemento Portland Tipo 1 y que dice :

$$\frac{f'c (7 \text{ días })}{f'c (28 \text{ días })} = 0.65$$

En este caso, si se empleara esta relación para proyectar la resistencia de los 7 días a los 28, se obtendrían valores de 200 kg/cm² para el mortero de relleno y 165 kg/cm² para el - de repello.

CAPITULO III

CAPITULO N° 3

En este capítulo se pretende hacer una evaluación desde el punto de vista estructural del sistema constructivo Ferrocemento.

Se dijo anteriormente que dicho sistema consistía en marcos o pórticos rígidos de acero anclados en sus extremos inferiores mediante dados de concreto, además de poseer paredes que actuaban como muros de carga.

El primer análisis consiste en someter el marco de acero a diferentes condiciones de carga. En primera instancia se considerará el marco rígido como una estructura hiperestática, doblemente empotrado.

El pórtico se analizará para carga muerta y carga de techo, sismo sobre los nudos de la estructura y por último para la acción que ejercen las paredes sobre las columnas en caso de sismo.

El método utilizado para resolver dicha estructura fue el " Método de Fuerzas " y la memoria de cálculo se presenta al final en el Anexo N° 2.

El método consiste básicamente en aplicar fuerzas unitarias para por medio de ellas encontrar, utilizando las ecuaciones canónicas, las incógnitas de la estructura hiperestática.

Al ser esta estructura relativamente liviana, los resultados obtenidos fueron sumamente satisfactorios.

El momento máximo resultante de las 3 condiciones de carga fue de 100 kg-m en el empotramiento, produciendo un esfuerzo de 345 kg/cm^2

Comparando este valor con el esfuerzo base de 1400 kg/cm^2 , notamos que la sección resiste bien. Este esfuerzo de 1400 kg/cm^2 sufre a justes dado por las especificaciones, sin embargo, aquí no se han considerado dado que la estructura está sobrada. Por otro lado, - los cálculos de resistencia de la columna a compresión resulta ser menor que la unidad, la cual está dentro del rango de la seguridad. Todos los cálculos estuvieron de acuerdo a las normas del Código - Sísmico de Costa Rica.

El segundo análisis consistió en verificar la sección de la pared - para carga de viento. En este caso la pared consideró como una losa y para su cálculo se aplicó el " Método directo de diseño " de - la ACI.

Los resultados obtenidos en el anexo N° 2 demostraron que la sección de pared está correcta.

El último análisis consistió también en verificar la sección de los cimientos y una vez más los resultados obtenidos en el anexo N° 2 - fueron más que satisfactorios.

En resumen, la estructura está capacitada para soportar todas las cargas enunciadas anteriormente.

CAPITULO IV

CAPITULO N° 4

BALANCE ECONOMICO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO FERRO-
CEMENTO Y EL SISTEMA DE BLOQUES.

En base a los presupuestos de materiales y de mano de obra presentados en el anexo N° 3, se presentan a continuación los cuadros finales de costos para la vivienda de interés social que nos ocupa, utilizando los dos sistemas constructivos.

SISTEMA CONSTRUCTIVO FERROCEMENTO

Costo total de materiales	Ø 14.947.00
Costo de mano de obra	7.180.00
Prestaciones Sociales (47 % de mano de obra)	3.374.60
Costo Industrial	600.00
Transporte	160.00
Sub total costo directo de la vivienda	26.236.00
Imprevistos (5 %)	1.313.10
Sub total	27.574.70
Utilidad (10 %)	<u>2.757.50</u>
	<u>Ø 30.332.00</u>

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE BLOQUES

Costo total de materiales	Ø 17.908.00
Costo de mano de obra	7.585.00
Prestaciones Sociales (47 % de M. de O.)	3.564.95
Transporte	350.00
Sub Total costo directo de la vivienda	29.407.95
Imprevistos (5 %)	1.470.40
Sub total	30.878.35
Ganancia o utilidad (10 %)	3.087.80
TOTAL	<u>Ø 33.966.00</u>

Si se analizan ambos cuadros podrá notarse una diferencia por vivienda de Ø 3.634.00 en los costos totales de ambos sistemas. A pesar de que esta diferencia puede parecer pequeña y sin importancia en la realidad es muy significativa tratándose de vivienda en serie. En un caso específico de 100 viviendas en serie la diferencia es bastante apreciable pues totaliza Ø 363.400.00. Con este dinero podrían construirse aproximadamente 12 viviendas más con el sistema Ferrocemento.

El mayor desbalance se aprecia en el costo de materiales, contabilizando este una suma de alrededor de Ø 3.000.00, no obstante que muchas de las actividades son constantes para ambos sistemas.

Deberá tenerse en cuenta que los precios de mano de obra son los que actualmente se pagan en este proyecto. Es importante mencionar

que no existe en realidad una tabla de pagos definida para mano de obra y por lo tanto quedará sujeta a cada empresa en particular.

La ventaja que ofrece la construcción en serie es enorme en cuanto a costos se refiere ya que los costos por metro cuadrado de construcción para este proyecto son de $\text{Q} 606.00/\text{m}^2$ y $\text{Q} 679.00/\text{m}^2$ para Ferrocemento y construcción en bloques respectivamente.

CAPITULO V

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el análisis económico estructural y constructivo, se aprecia una marcada diferencia en cada uno de estos aspectos con respecto al sistema tradicional de bloques de concreto.

Si observamos el análisis estructural notamos que todos los elementos en consideración están sobrados en sección. Esto de ninguna manera implica un desperdicio de materiales en el sobre diseño, sino que se amerita por efectos meramente constructivos.

La estructura metálica utilizada es capaz de soportar las diferentes condiciones de carga estando toda en el rango de la seguridad. En el aspecto constructivo, son innegables las cualidades inherentes al sistema, produciendo una gran agilidad y versatilidad en el mismo.

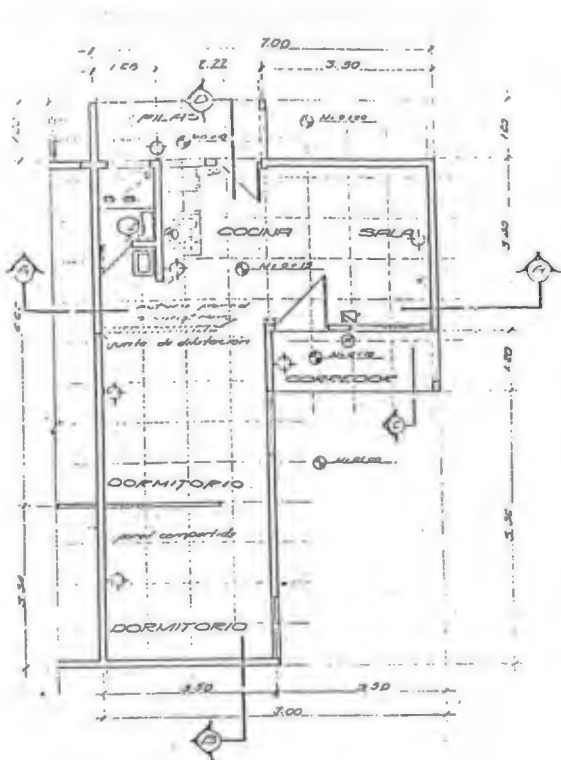
El hecho de industrializar los módulos componentes de las viviendas favorece tanto a una disminución en el tiempo de ejecución de la obra como también a una minimización en los costos.

Una de las ventajas más notorias es la correspondiente al aspecto económico. Para vivienda en serie la diferencia en costos entre este sistema y el de bloques se hace considerable, representando un recurso a su favor para construir más viviendas.

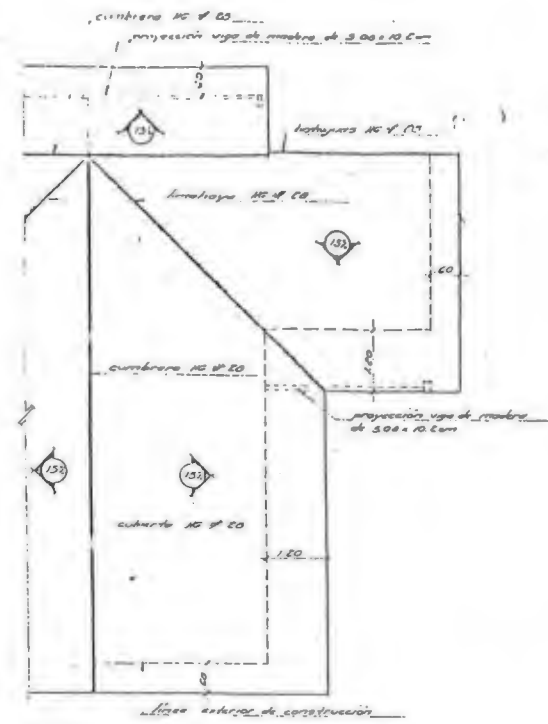
Al cumplir el Ferrocemento con todos los requisitos antes mencionados, no cabe la menor duda de que es una excelente alternativa para ayudar a disminuir el problema deficitario de vivienda.

El escepticismo inicial existe para cualquier innovación que se haga en cualquier campo.

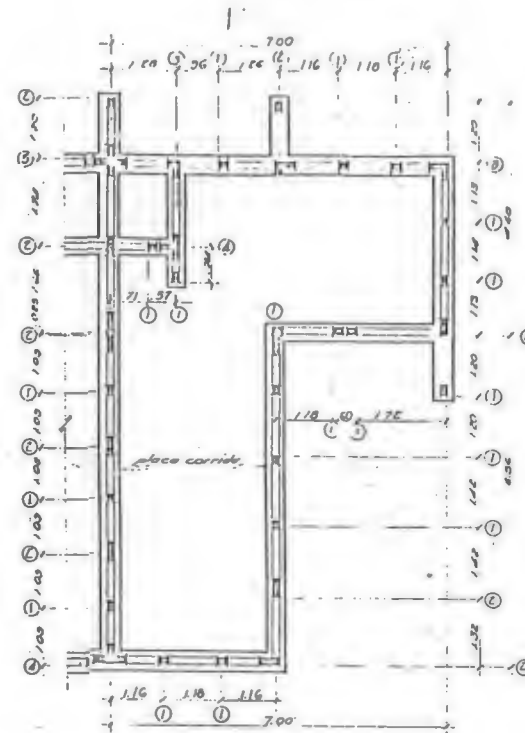
Sin embargo, una promoción adecuada del sistema ayudará enormemente para su divulgación llegando a conocimiento de entes gubernamentales o del sector privado de la construcción.



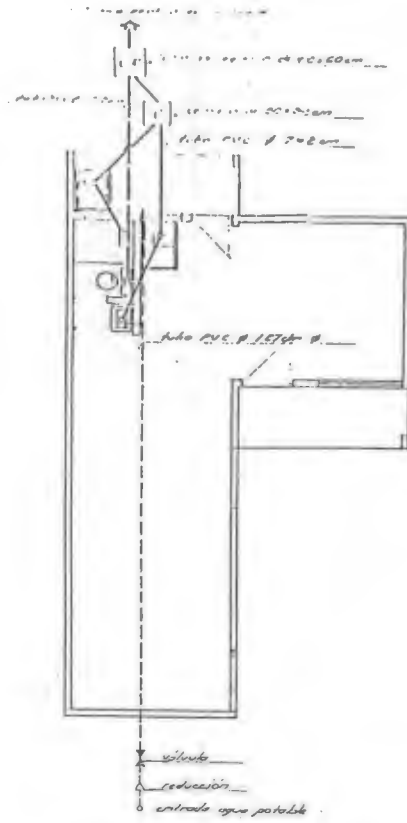
PLANTA DE DISTRIBUCION Esc. 1:50



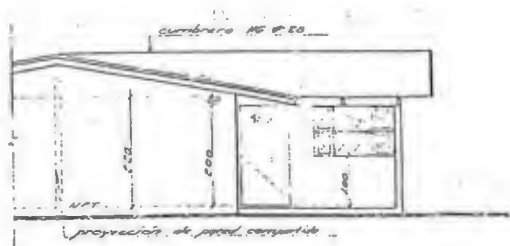
PLANTA DE TECHOS Esc. 1:50



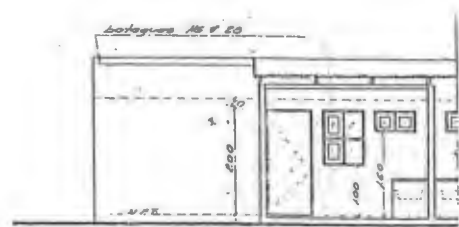
PLANTA ESTRUCTURAL Esc. 1:50



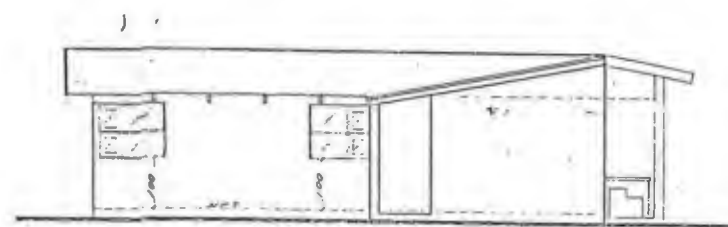
PLANTA MECANICA Esc. 1:50



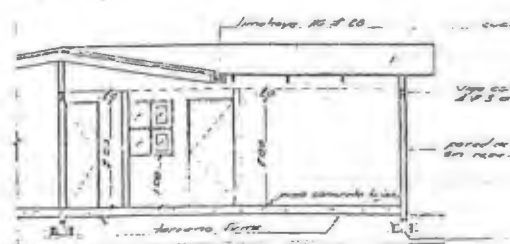
ELEVACION PRINCIPAL Esc. 1:50



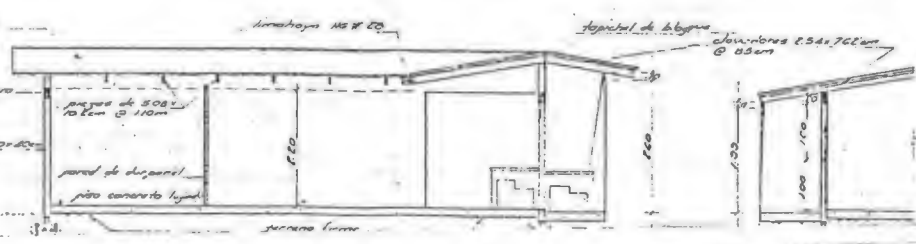
ELEVACION POSTERIOR Esc. 1:50



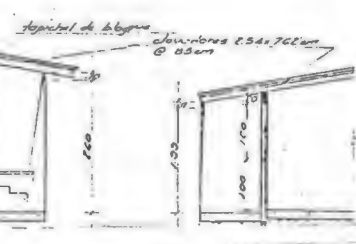
ELEVACION LATERAL Esc. 1:50



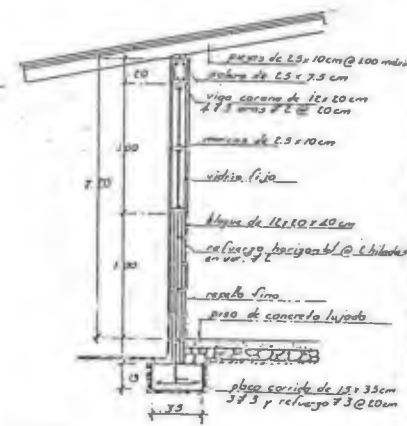
SECCION A-A Esc. 1:50



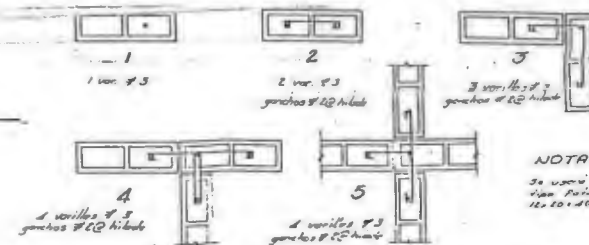
SECCION B-B Esc. 1:50



SECCION C Esc. 1:50

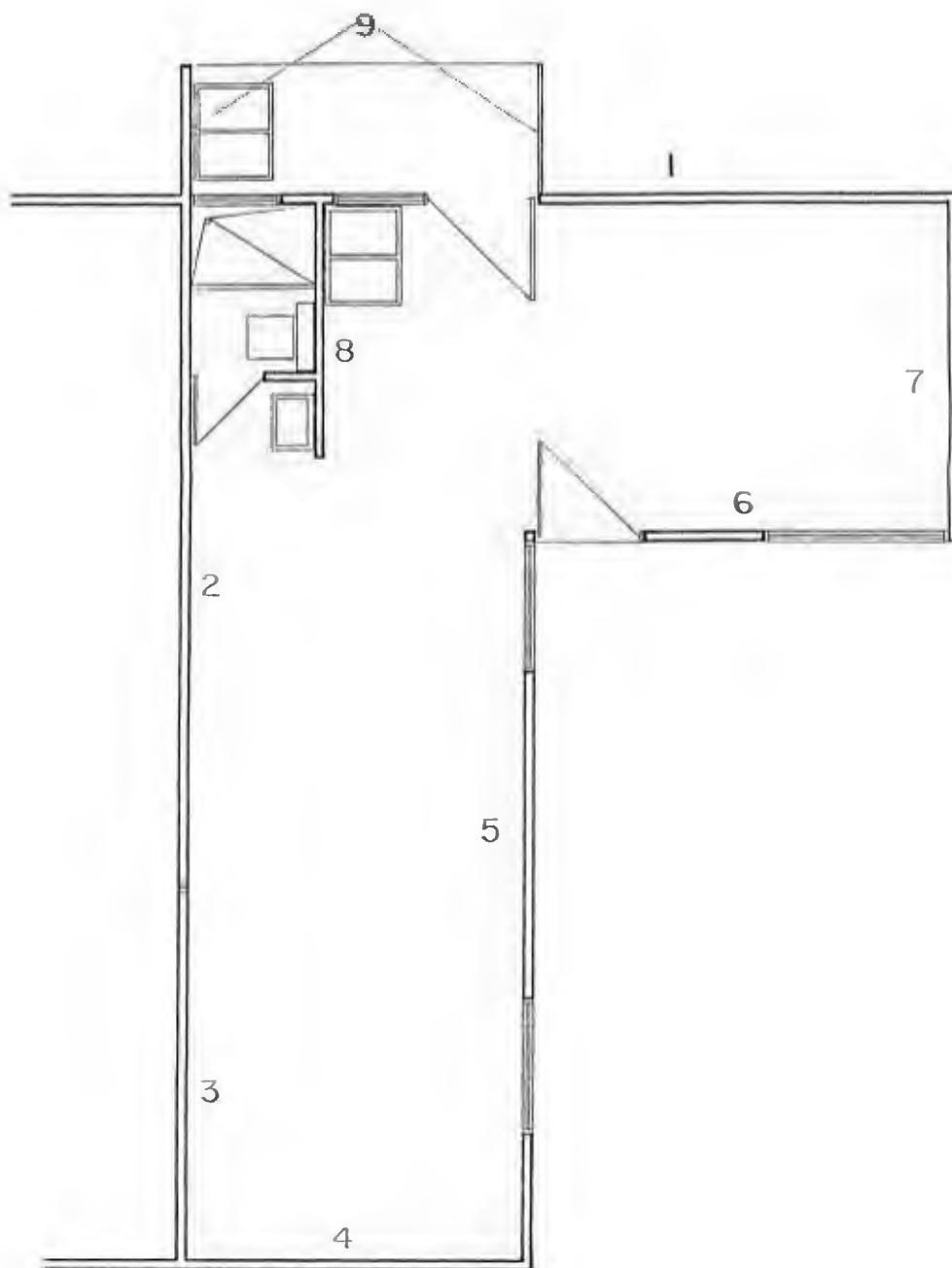


CORTE TIPICO Esc. 1:50



DETALLE DE COLUMNAS Esc. 1:10

APENDICE 1



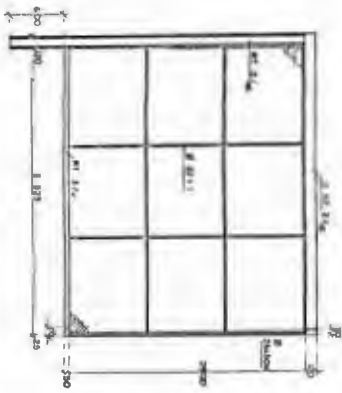
PLANTA DE DISTRIBUCION DE MODULOS

PLANTA

FRENTE

ANCHO DE PUERTAS Y
VENTANAS: 1000-2515031

CORTE



FRENTE

PLANTA



SC. 2
12000 los módulos de vidrio de 1200 x 1200
12000 los módulos de 2.5cm en el caso de vidrio

MODULO 1 MODULO 2
MODULO 3 MODULO 4

PLANTA

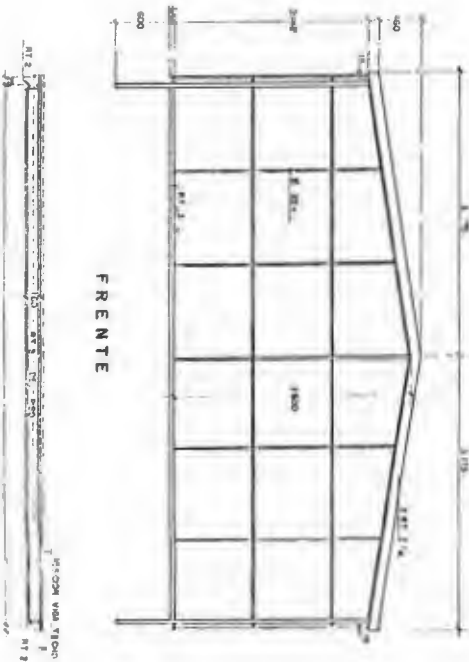
FRENTE

ANCHO DE PUERTAS Y
VENTANAS: 1000-2515031



FRENTE

PLANTA

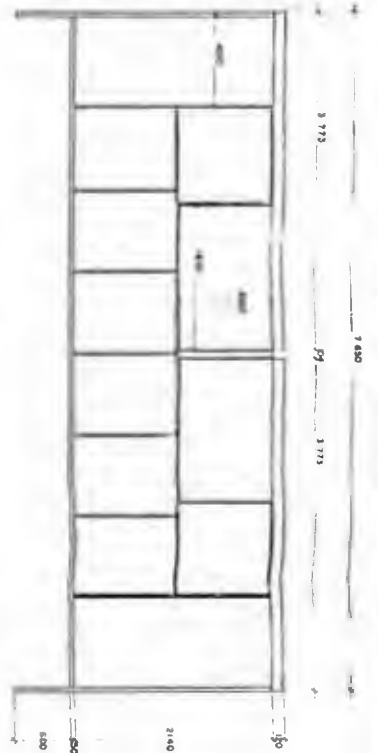




FRENTE



PLANTA



FRENTE

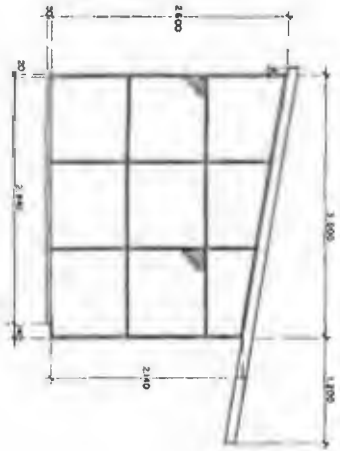


PLANTA

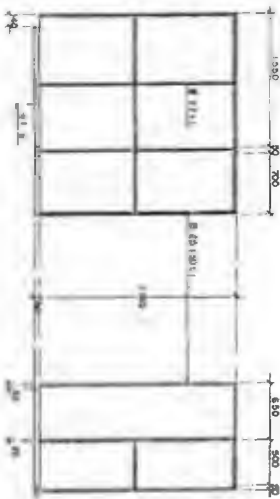
MODULO 5 MODULO 6

MODULO 7 MODULO 8

MODULO 9

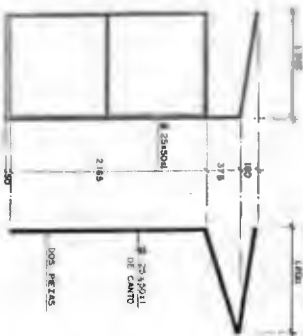


FRENTE



LATERAL

FRENTE

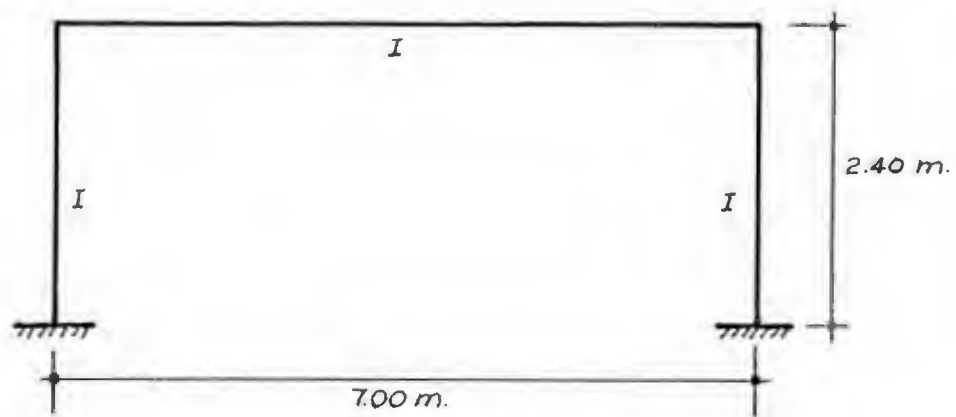


PLANTA

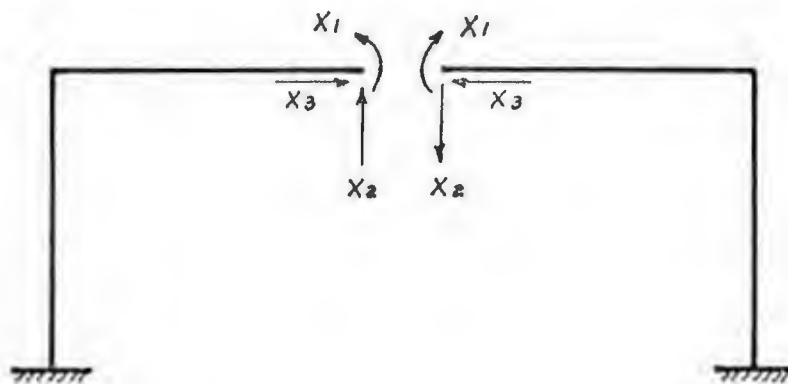
NOTA:
Todos los módulos llevarán cascos metálicos
con diámetros de 2.5cm en ambas caras

APENDICE 2

MEMORIA DE CALCULO

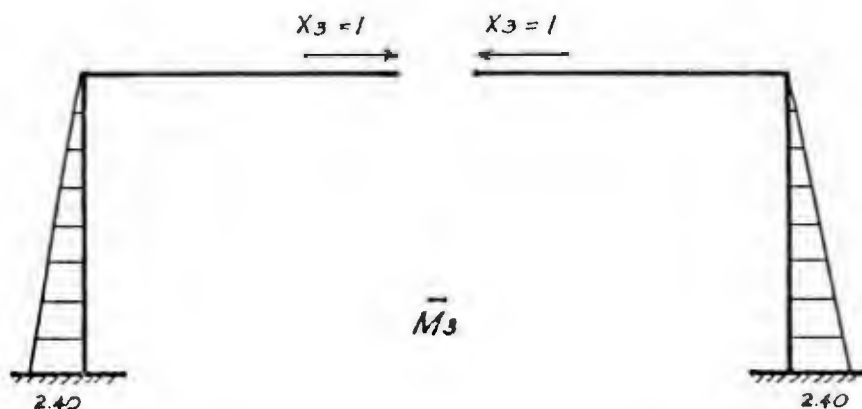
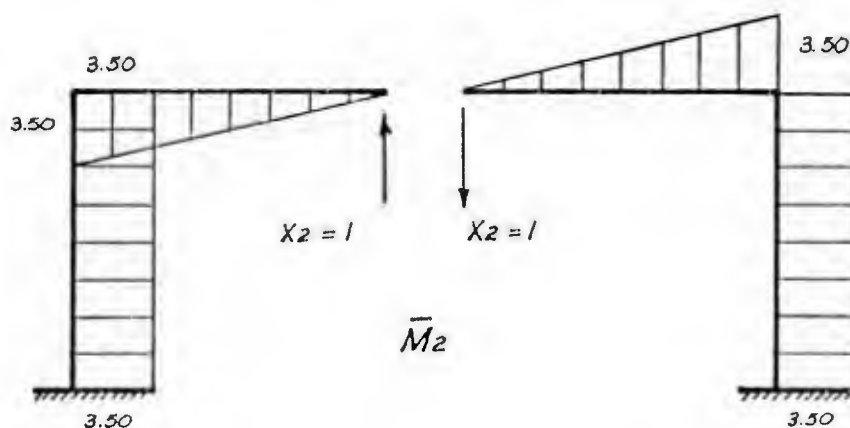
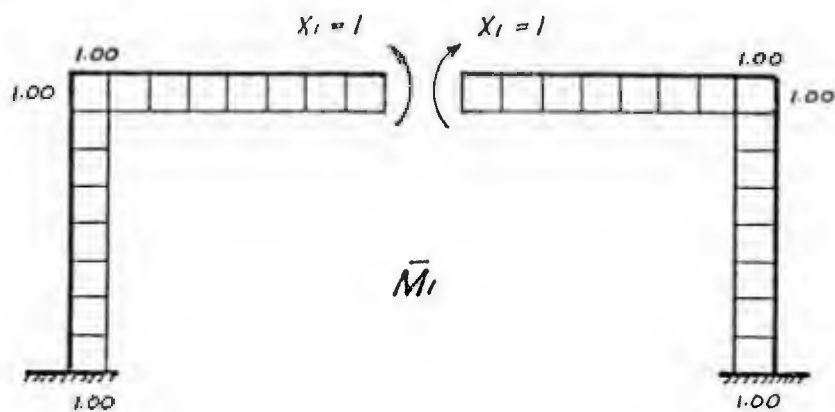


Para resolver el marco hiperestático se utilizará el Método de fuerzas y consideramos simetría:

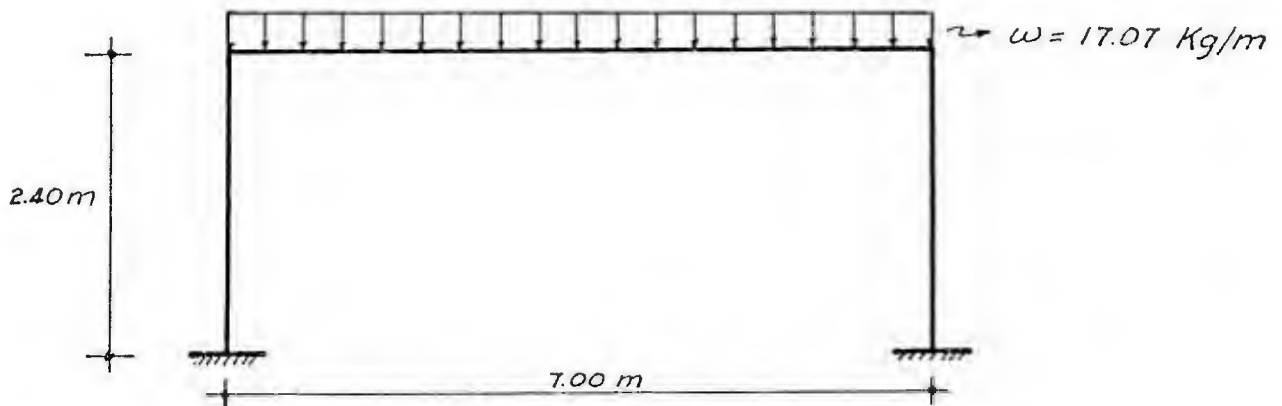


Estructura Auxiliar

DIAGRAMAS DE MOMENTO DEBIDOS A LAS FUERZAS UNITARIAS



Determinación de la carga muerta y la carga de techo



Carga de techo:

Se utilizará lamina estructural galvanizada cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

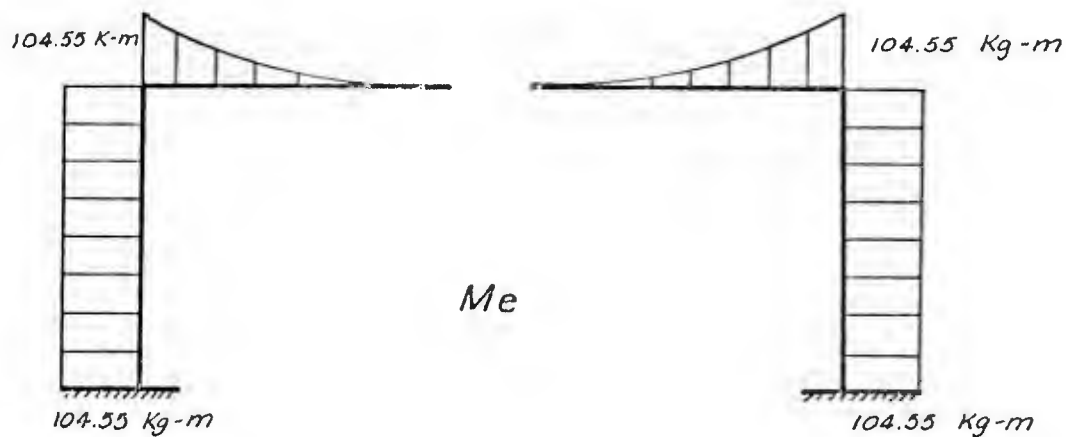
- Calibre (BWG) 26
- Espesor de lámina 0.45 mm
- Vuelo máximo 0.65 m
- Peso 5.10 Kg/m²

$$\text{Area de influencia} \times \text{Peso} = (1.50 + 0.65) 5.10 \rightarrow \omega_1 = 10.97 \text{ Kg/m}$$

Carga muerta:

Se utilizará en la parte superior del marco 2 perfiles RT2 #16 cuyo peso es de 6.10 Kg/m

$$\rightarrow \omega_2 = 10.97 + 6.10 = 17.07 \text{ Kg/m}$$



Ecuaciones Canónicas :

$$X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + X_3 \delta_{13} + \delta_{1e} = 0$$

$$X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + X_3 \delta_{23} + \delta_{2e} = 0$$

$$X_1 \delta_{31} + X_2 \delta_{32} + X_3 \delta_{33} + \delta_{3e} = 0$$

Para este caso: $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = 0$$

$$\delta_{2e} = 0$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} 1 \times 2.40 \times 1 \times 2 + \frac{1}{EI} 1 \times 3.50 \times 1 \times 2 = \frac{11.8}{EI}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EI} 3.50 \times 2.40 \times 3.50 \times 2 + \frac{1}{EI} \frac{3.50 \times 3.50}{2} \times \frac{2}{3} \times 3.50 \times 2 = \frac{87.38}{EI}$$

$$\delta_{33} = \frac{1}{EI} \frac{2.40 \times 2.40}{2} \times \frac{2}{3} \times 2.40 \times 2 = \frac{9.22}{EI}$$

$$X_1 \delta_{11} + X_3 \delta_{13} + \delta_{1e} = 0$$

$$\rightarrow X_2 = 0$$

$$X_1 \delta_{31} + X_3 \delta_{33} + \delta_{3e} = 0$$

$$\delta_{1e} = -\frac{1}{EI} 1 \times 2.40 \times 104.55 \times 2 - \frac{1}{EI} \frac{1}{3} \times 104.55 \times 3.50 \times 1 \times 2$$

$$\delta_{1e} = -\frac{745.79}{EI}$$

$$\delta_{3e} = \frac{1}{EI} \frac{2.40 \times 2.40}{2} \times 104.55 \times 2 = \frac{602.21}{EI}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} 11.8 X_1 - 5.76 X_3 - 745.79 = 0 \\ -5.76 X_1 + 9.22 X_3 + 602.21 = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \times -5.76 \\ \times -11.8 \end{array}$$

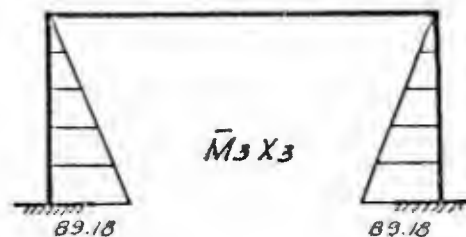
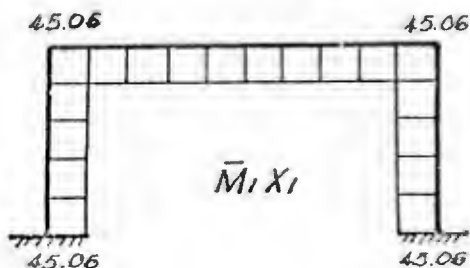
$$-67.97 X_1 + 33.18 X_3 + 4295.75 = 0$$

$$\underline{67.97 X_1 - 108.8 X_3 - 7106.08 = 0}$$

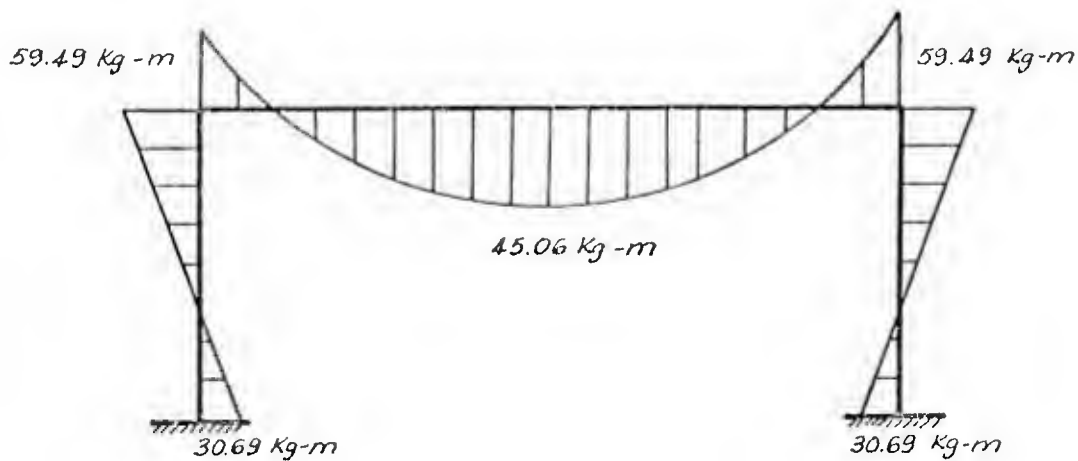
$$-43.35 X_3 - 1405.14 = 0 \Rightarrow X_3 = -37.16 \text{ Kg}$$

$$X_2 = 0$$

$$X_1 = 45.06 \text{ Kg}$$



Sumando $\bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_3 X_3 + M_e$ obtenemos el siguiente diagrama de momentos correspondiente a carga de techo y carga muerta.



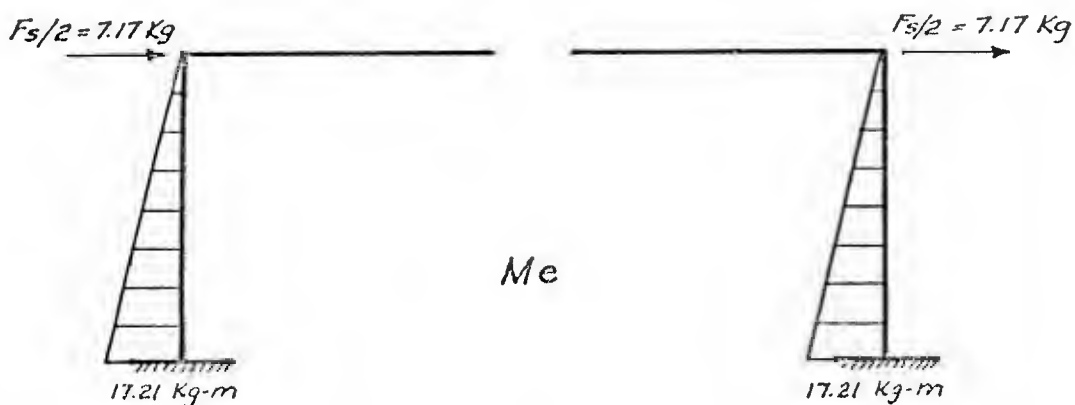
Análisis debido a carga de sismo :

De acuerdo al Código Sísmico de Costa Rica, la fuerza de sismo horizontal está dada por la siguiente fórmula :

$F_s = C w L$. En este caso, el coeficiente sísmico $C = 0.12$ y "w" corresponde a la carga muerta más la carga de techo.

Por tanto : $F_s = 0.12 (17.07) 7.00 = 14.34 \text{ Kg}$.

Si aplicamos simetría en el marco, tenemos :



En este caso: $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = 0$$

$$\delta_{1e} = 0$$

$$\delta_{3e} = 0$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_3 \delta_{13} &= 0 \\ X_1 \delta_{31} + X_3 \delta_{33} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$X_2 = \frac{-\delta_{2e}}{\delta_{22}}$$

$$\Rightarrow X_1 = X_3 = 0$$

$$\delta_{2e} = -\frac{1}{EI} \frac{17.21 \times 2.40}{2} \times 3.50 \times 2 = -\frac{144.56}{EI}$$

$$X_2 = \frac{-(-144.56)}{87.38} = 1.65 \text{ Kg}$$

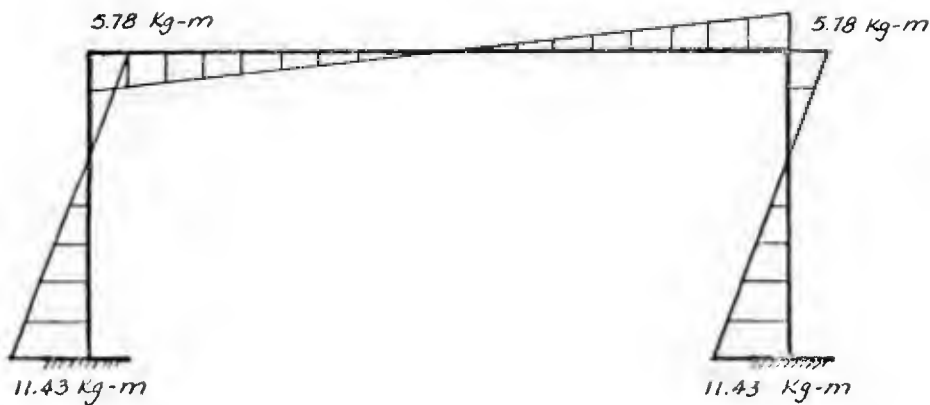
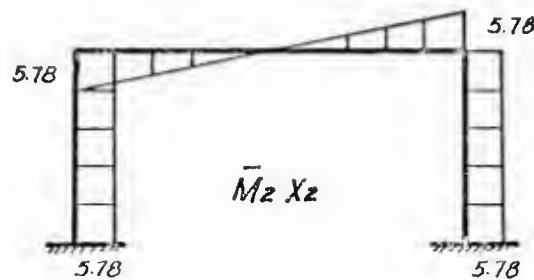


Diagrama de Momentos debido a carga de sismo

Análisis para carga sobre las columnas

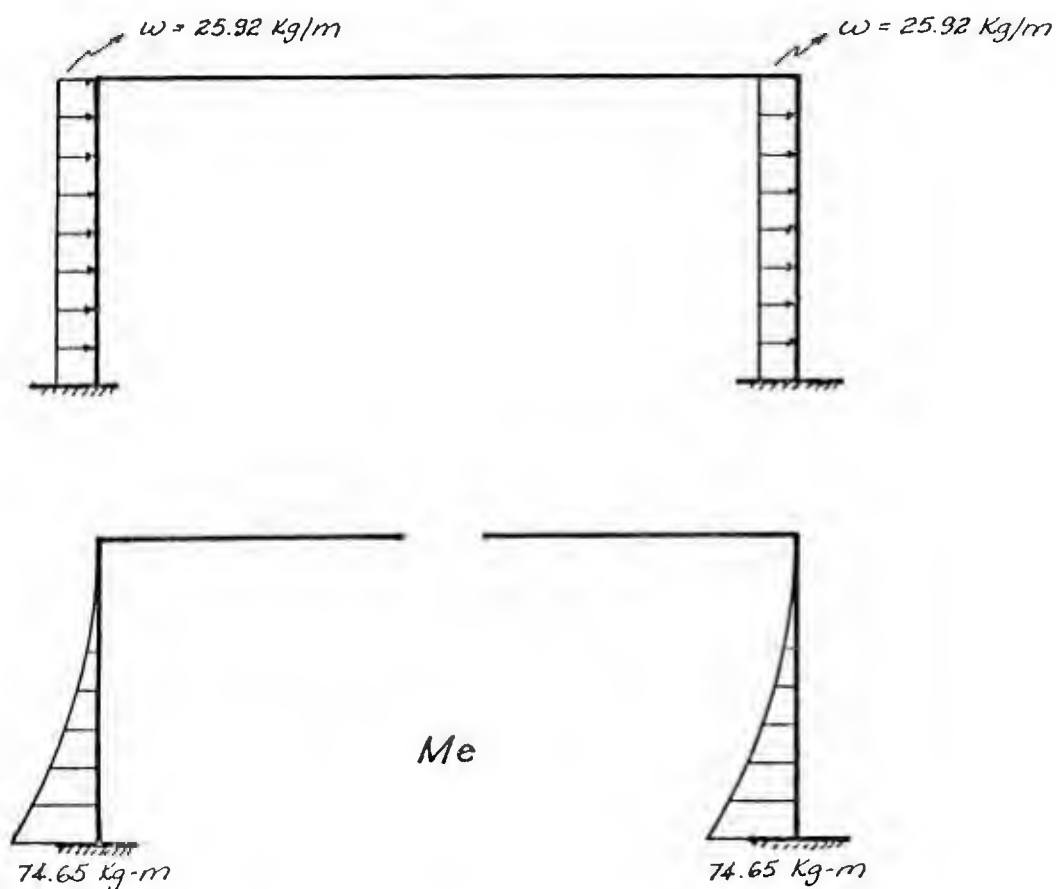
La carga que va a actuar sobre las columnas será provocada por la acción de las paredes sobre la misma y siendo esta $0.12 w$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Espesor de pared} = 0.06 \text{ m}$$

$$\text{Area de influencia} = 1.50 \times 2.40 \text{ m}$$

$$\text{Carga} = 2400 \times 1.50 \times 0.06 \times 0.12 = 25.92 \text{ Kg/m.}$$



En este caso : $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = 0$$

$$\delta_{1e} = 0$$

$$\delta_{3e} = 0$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_3 \delta_{13} &= 0 \\ X_1 \delta_{31} + X_3 \delta_{33} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad X_2 = \frac{-\delta_{2e}}{\delta_{22}}$$

$$X_1 = X_3 = 0$$

$$\delta_{2e} = -\frac{1}{EI} \frac{1}{3} 74.65 \times 2.40 \times 3.50 \times 2 = -\frac{418.04}{EI}$$

$$X_2 = \frac{418.04}{87.38} = 4.78$$

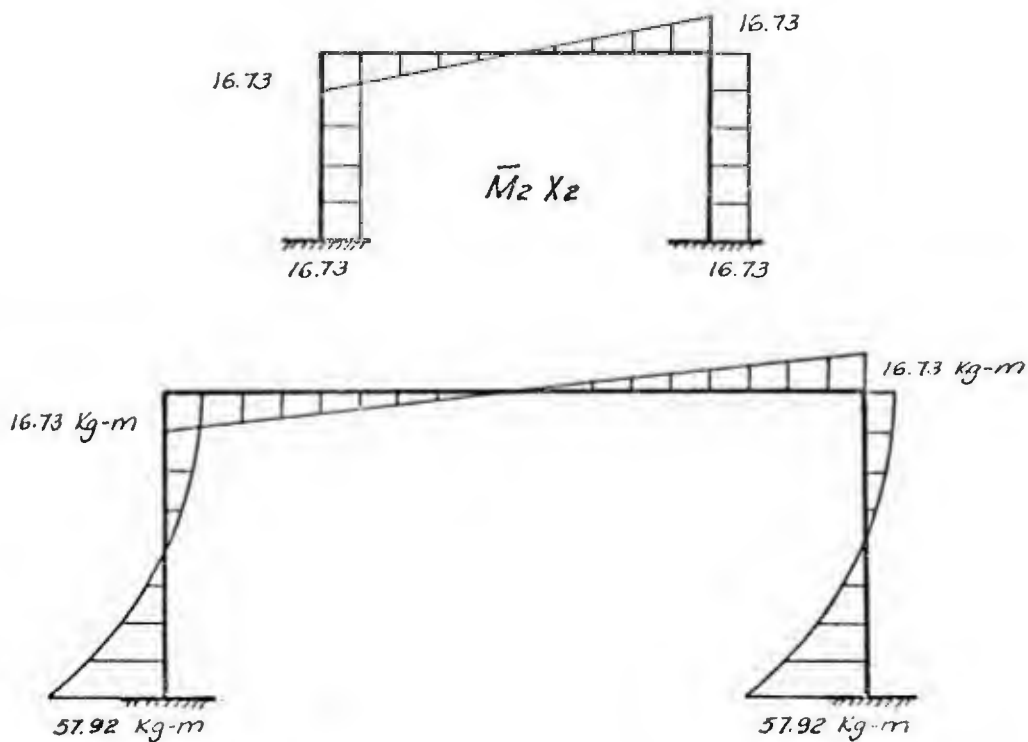
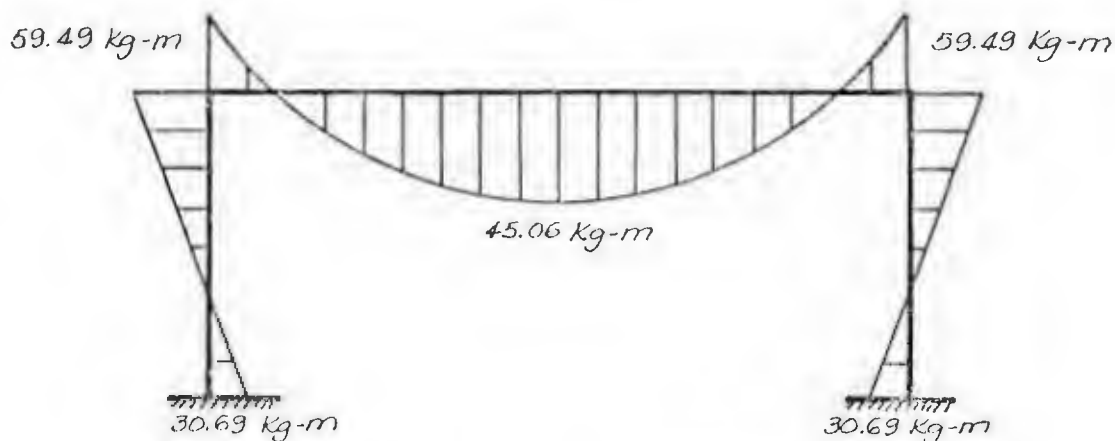


Diagrama de momentos debido a carga sobre las columnas

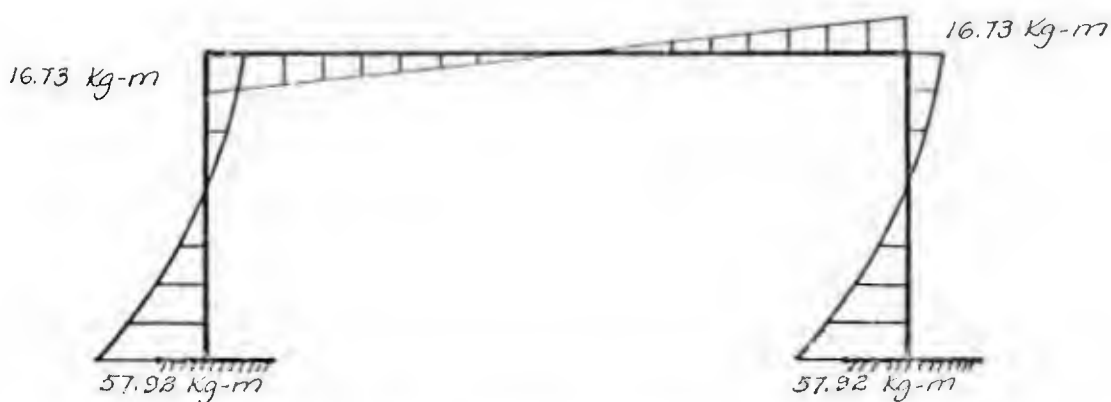
RESUMEN DE DIAGRAMAS DE MOMENTO



Carga muerta y carga de techo



Carga de sismo



Carga de paredes sobre columnas

El momento máximo debido a las 3 condiciones de carga es de 100 Kg-m en el empotramiento.

Por lo tanto, si la sección utilizada tiene un módulo de sección $S = 29.04 \text{ cm}^3$, el esfuerzo será: $\sigma = \frac{M}{S} = \frac{100000}{29.04} = 345 \text{ Kg/cm}^2$

El esfuerzo base del acero es de 1400 Kg/cm^2 . Este esfuerzo sufre ajustes en su valor de acuerdo con las especificaciones de la AISC. Sin embargo, estas no han sido tomadas en cuenta dado que la sección está sobrada y las sollicitaciones son relativamente pequeñas.

Por otro lado, tenemos que la sección cumple con la relación: $f_b/F_b + f_c/F_c < 1$.

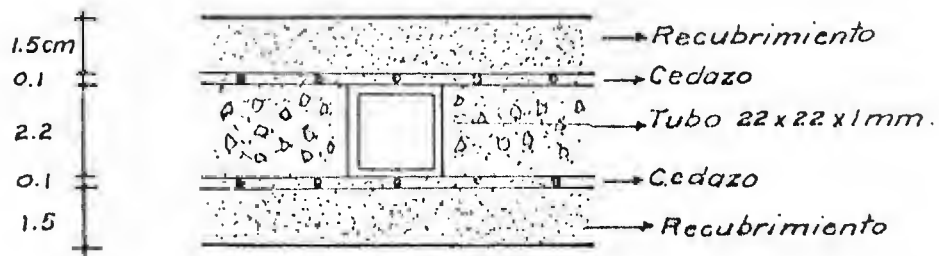
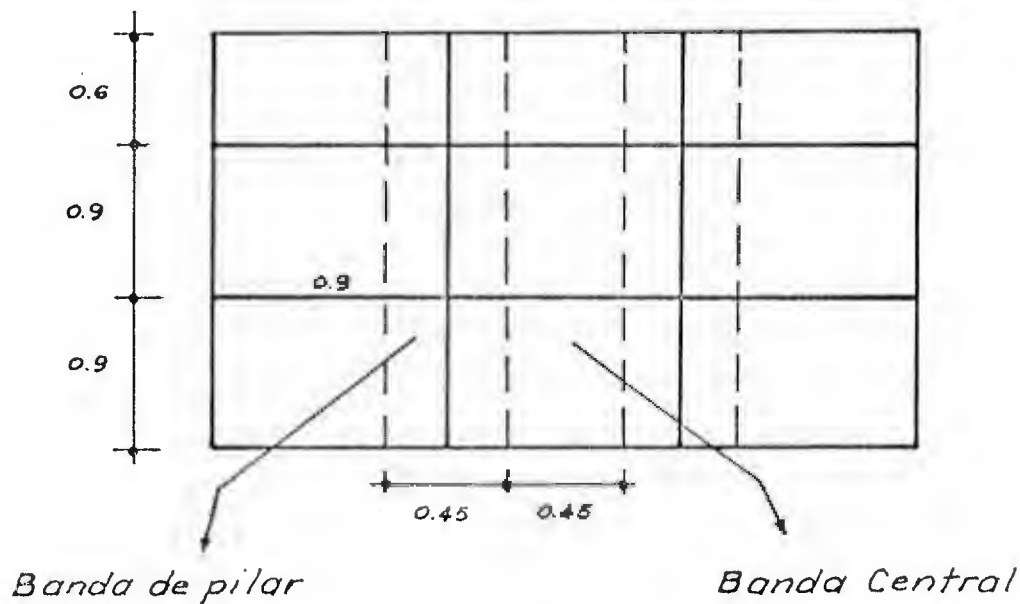
En este caso $345/1400 < 1$

Entonces, observando los resultados obtenidos, implica que la sección utilizada está OK.

CARGA SOBRE LAS PAREDES

Las paredes se someterán a una carga de viento de 40 Kg/m^2 de acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica. El análisis consistirá en la comprobación de la sección de la pared, considerada en este caso como una losa. Para tal efecto se utilizará el Método Directo de Diseño (ACI - 77).

Panel Característico



Sección real de pared

Consideraciones del método directo :

- Losa en 2 direcciones $\rightarrow$ Largo/Ancho $= 1 < 2$ (ACI-13.6.1.2)
- Tres claros continuos en cada dirección. (13.6.1.1.)
- Las longitudes de los claros no difieren en más de $1/3$ (13.6.1.3)
- La carga se considera uniformemente distribuida. (13.6.1.5)
- La rigidez relativa en ambas direcciones se encuentra en el rango $0.2 < R.R. < 5.0$

Cálculos :

- Momento estático M_o :

$$M_o = w_u l_2 l_n^2 / 8$$

$$w_u = 40 \text{ Kg/m}^2 \text{ (CSCR)}$$

Se desprecia el espesor del tubo $\rightarrow l_n = 1$

$$M_o = 40 \times 1.0 \times 1.0^2 / 8$$

$$M_o = 5 \text{ Kg-m.}$$

Para vano interior tenemos : $M^- = 65\% M_o$
 $M^+ = 35\% M_o$ (13.6.3.2)

- Distribución de M^- y M^+ para la línea de pilares y la banda central :

Para ello tenemos que : $\alpha = E_{cb} I_b / E_{cs} I_s$

Donde :

α = relación entre rigidez de la viga y la rigidez de la losa

E_{cb} = módulo del concreto de la viga

E_{cs} = módulo del concreto de la losa

I_s, I_b = momento de inercia de la losa y la viga respect.

Por efectos de construcción $E_{cb} = 0$ puesto que el tubo es hueco. Por lo tanto:

$\alpha = 0$ y $l_2/l_1 = 1$, con estos valores el factor de distribución del momento negativo para la franja del pilar $\gamma_a = 75\%$ (13.6.4.1)

Finalmente tenemos :

$$M^- \text{ banda de pilar} = 0.75 \times 0.65 \times M_0 = 2.44 \text{ Kg-m}$$

$$M^- \text{ banda central} = 0.25 \times 0.65 \times M_0 = 0.81 \text{ Kg-m}$$

$$M^+ \text{ banda de pilar} = 0.75 \times 0.35 \times M_0 = 1.31 \text{ Kg-m}$$

$$M^+ \text{ banda central} = 0.25 \times 0.35 \times M_0 = 0.44 \text{ Kg-m}$$

Comprobación de la sección :

- Espesor mínimo de placa según el código ACI.

$$h = \frac{l_n (800 + 0.071 f_y)}{3600 + 5000 \beta (1 + \beta_s)} \quad \text{donde :}$$

l_n = luz libre mayor en cm $\rightarrow \approx 100 \text{ cm}$

$$f_y = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

β_s = relación entre la longitud de los bordes continuos y el perímetro total de la placa $1/4 = 0.25$

β = relación luces larga y corta = 1

Luego:

$$t_{\min} = \frac{100 (800 + 0.071 \times 2100)}{3600 + 5000 \times 1 (1 + 0.25)}$$

$$t_{\min} = 2.3 \text{ cm} < 5.2 \text{ cm} \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

Verificación del acero:

$$M_{\max} = 2.44 \text{ Kg-m}$$

$$Mu' = 2.44 / 0.9 = 271 \text{ Kg-cm}$$

$$d = 3.85 \text{ cm}$$

$$\text{Si suponemos } a = 0.4 \text{ cm } jd = 3.25 \text{ cm}$$

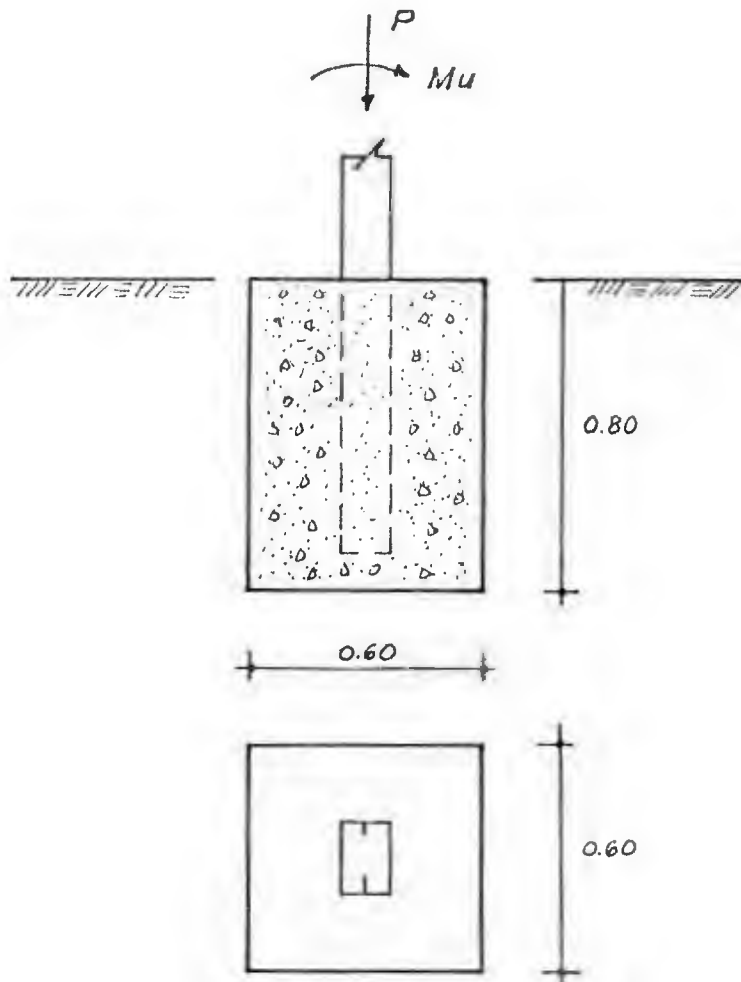
$$a = \frac{271}{0.85 \times 100 \times 100 \times 3.25} = 0.009 \text{ cm} \quad \underline{\underline{OK}}$$

$$\Rightarrow As = \frac{271}{3.25 \times 1000} = 0.08 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

El área de acero real que tenemos no incluye el tubo cuadrado y por lo tanto solo contribuye el cedazo metálico con hilos de 1 mm^2 espaciados a aproximadamente 2 cm .

$$\Rightarrow As = 0.5 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

COMPROBACION DE CIMIENTOS



Cálculo de P y M :

$$P = \frac{\omega_{TECHO} \times l_1}{2} + \omega_{PERFIL} \times l_2 + \frac{P_{LOSA}}{2}$$

$$P = \frac{17.07 \times 7}{2} + 6.14 \times 2.40 + 30 = 105 \text{ Kg.}$$

$$M = 100 \text{ Kg-m}$$

Cálculo del área mínima :

Factor de seguridad = 3.0

Capacidad del suelo (asumido) $q_{\text{permisible}} = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$

Peso del dado de cimentación : $0.6 \times 0.6 \times 0.8 \times 2500 = 720 \text{ Kg}$.

Luego :

$$P_{\text{TOTAL}} = P_{\text{TECHO}} + P_{\text{CC}} = 105 + 720 = 825 \text{ Kg}.$$

Cálculo del área considerando la carga concéntrica :

$$A_{\text{nec}} = \frac{P}{q} = \frac{825}{1.5} = 550 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{real}} = 0.6 \times 0.6 = 0.36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{\text{OK}}$$

Comprobación del área real para P y M :

$$P = 825 \text{ Kg} \quad ; \quad M = 100 \text{ Kg-m}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{100}{825} = 0.12 \text{ m} < K \text{ permisible}$$

K = núcleo de zapata

Luego :

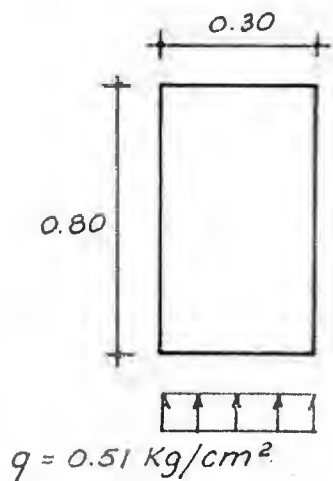
$$\text{Largo efectivo : } (30 - 12) \times 3 = 54 \text{ cm} < 60$$

$$825 = \frac{1}{2} q_{\text{max}} \times 0.6 \times 0.54$$

$$q_{\text{max}} = 5092 \text{ Kg/m}^2 = 0.51 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rightarrow q_{\max} = 0.51 \text{ Kg/cm}^2 < q_{\text{permisible}} \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

Comprobación de la sección real por flexión:



$$M_{\text{aplicado}} = 0.51 \times 60 \times \frac{30^2}{2} = 13770 \text{ Kg-cm}$$

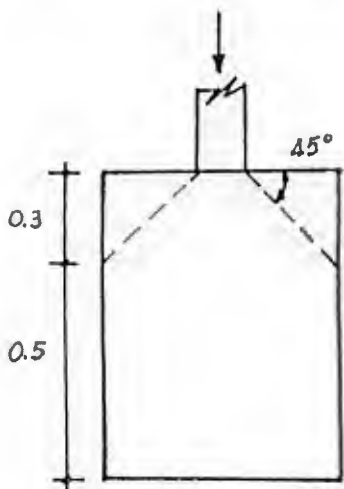
$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{13770 \times 40}{\frac{60 \times 80^3}{12}} = 0.22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = \frac{f'_c}{15} \text{ o } \sqrt{f'_c}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = 12 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aplicado}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$

Comprobación de la sección real por esfuerzo punzo - cortante:



Del esquema puede notarse que la sección no puede fallar por cortante ya que la sección está sobrada. Esto porque el perímetro de la sección crítica corresponde al perímetro total de la zapata. Por tanto basta con $A_{\min}$ comprobada anteriormente.

APENDICE 3

PRESUPUESTO DE LOS MODULOS CON EL SISTEMA FERROCEMENTO.

MODULO N° 1				
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1 Tubo 22x22x1 mm.	34.73	m.	5.65	196.20
2 Tubo 25x50x1 mm.	10.28	m.	7.15	73.50
3 Canal atiesado RT2 # 16	20.50	m.	16.10	330.05
4 Canal atiesado RT3 # 16	6.76	m.	17.30	116.95
5 Cedazo 0.025x1.80 m.	29.88	m. ²	5.70	170.30
Sub Total				∅ 887.00

MODULO N° 2				
1 Tubo 22x22x1 mm.	36.75	m.	5.65	207.60
2 Tubo 22x50x1 mm.	-----	---	-----	-----
3 RT2 # 16	15.80	m.	16.10	254.40
4 RT3 # 16	6.20	m.	17.30	107.25
5 Cedazo	32.80	m. ²	5.70	186.95
Sub Total				∅ 756.00

MODULO N° 3

1 Tubo 22x22x1 mm.	20.40	m.	5.65	115.25
2 Tubo 25x50x1 mm.	2.60	m.	7.15	18.60
3 RT2 # 16	9.97	m.	16.10	160.50
4 RT3 # 16	3.33	m.	17.30	57.60
5 Cedazo	17.30	m. ²	5.70	98.60

Sub Total Ø 451.00

MODULO N°4

1 Tubo 22x50x1 mm.	19.10	m.	5.65	107.90
2 Tubo 25x50x1 mm.	-----	--	-----	-----
3 RT2 # 16	9.21	m.	16.10	148.30
4 RT3 # 16	3.18	m.	17.30	55.00
5 Cedazo	16.50	m. ²	5.70	94.05

Sub Total Ø 405.00

MODULO N° 5

1 Tubo 22x22x1 mm.	25.70	m.	5.65	145.20
2 Tubo 25x50x1 mm.	8.80	m.	7.15	62.90
3 RT2 # 16	19.52	m.	16.10	314.30
4 RT3 # 16	6.56	m.	17.30	113.50
5 Cedazo	31.70	m. ²	5.70	180.70

Sub Total Ø 817.00

MODULO Nº 6

1 Tubo 22x22x1 mm.	11.52	m.	5.65	65.10
2 Tubo 25x50x1 mm.	5.74	m.	7.15	41.05
3 RT2 # 16	5.56	m.	16.10	89.50
4 RT3 # 16	3.78	m.	17.30	65.40
5 Cedazo	8.70	m. ²	5.70	49.60

Sub Total € 311.00

MODULO Nº 7

1 Tubo 22x22x1 mm.	18.30	m.	5.65	103.40
2 Tubo 25x50x1 mm.	-----	--	----	-----
3 RT2 # 16	10.00	m.	16.10	161.00
4 RT3 # 16	2.84	m.	17.30	49.15
5 Cedazo	14.22	m. ²	5.70	81.05

Sub Total € 395.00

MODULO Nº 8

1 Tubo 22x22x1 mm.	18.10	m.	5.65	102.25
2 Tubo 25x50x1 mm.	4.98	m.	7.15	35.60
3 RT2 # 16	-----	--	----	-----
4 RT3 # 16	3.45	m.	17.30	59.70
5 Cedazo	12.62	m. ²	5.70	71.90

Sub Total € 270.00

MODULO N° 9

1 Tubo 22x22x1 mm.	6.73	m.	5.65	38.00
2 Tubo 25x50x1 mm.	9.50	m.	7.15	67.95
3 RT2 # 16	----	--	----	----
4 RT3 # 16	1.20	m.	17.30	20.75
5 Cedazo	5.20	m. ²	5.70	29.65
Sub Total				Ø 157.00

TOTAL DE MATERIALES DE MODULOS

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1 Tubo 22x22x1 mm.	191.33	m.	5.65	1.081.00
2 Tubo 25x50x1 mm.	41.90	m.	7.15	299.60
3 RT2 # 16	90.56	m.	16.10	1.458.00
4 RT3 # 16	37.30	m.	17.30	645.30
5 Cedazo	168.92	m. ²	5.70	962.85
6 Alambre negro	15.00	kgr.	7.50	112.50
7 Soldadura	7.00	kgr.	18.20	127.40
Sub Total				Ø 4.687.00
Costo Industrial y Mano de Obra				1.800.00
Total				Ø 6.487.00

Nota : El costo industrial está calculado en base a una producción anual de 300 viviendas e incluye la maquinaria y herramientas empleadas en el proceso productivo así como también el edificio y los gastos que se devengan por

concepto de electricidad, agua, etc. Obviamente este costo se disminuye si el volumen de construcción de aumenta.

TRABAJOS PRELIMINARES, TRAZO, CIMIENTOS Y MONTAJE

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
regla 1x3"	5	pzas.	9.30	46.50
claros 1 1/2"	0.5	kgr.	7.90	3.95
cuerda	0.5	rollo	30.00	15.00
cemento	16	sacos	25.50	408.00
arena	2	m. ³	65.00	130.00
piedra quebrada	2	m. ³	85.00	170.00
Sub Total				∅ 774.00

COSTO MANO DE OBRA

Trazo	35.00
Zanjeo	120.00
Chorrea cimientos (Capa 5 cm. concreto y 7 "dados" de concreto de 0.6 x 0.6 x 0.8)	195.00
Montaje de Módulos	160.00
TOTAL	∅ 1.284.00

CHORREA DE PAREDES

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	37.50	sacos	25.50	956.25
Arena	4.00	m. ³	65.00	<u>260.00</u>
Sub Total				∅ 1.216.00

COSTO DE MANO DE OBRA

Tensado de cedazo	Ø	200.00
Aplicación mortero relleno		325.00
Repello		1.800.00
Total	Ø	<u>3.541.00</u>

PREVISTAS INSTALACION MECANICA

Tubo PVC Ø = 1/2"	2	u	28.20	56.40
Tubo PVC Ø = 2"	0.5	u	125.20	62.60
Tubo PVC Ø = 3"	1.5	u	209.00	313.50
Codos PVC Ø = 1/2x90"	9	u	2.80	25.20
Codos PVC Ø = 2"x90"	5	u	9.80	49.00
Codos PVC Ø = 3"x45°	1	u	23.20	23.20
Tees PVC Ø = 1/2 "	4	u	3.40	13.60
Sifón Ø = 2" PVC	1	u	37.00	37.00
Yees PVC Ø = 3"	1	u	48.40	48.40
Tapón PVC rosca Ø = 3"	1	u	18.60	18.60
Adapt. machos PVC Ø = 1/2"	2	u	3.60	7.20
Adapt. hembra PVC Ø = 1/2"	3	u	3.60	10.80
Tees PVC reducción 3 a 2"	2	u	22.10	44.20
Sub Total			Ø	<u>710.00</u>

PISO LUJADO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	20.00	sacos	25.50	510.00
Arena	2.0	m. ³	65.00	130.00
p.quebrada	3.80	m. ³	85.00	323.00

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
p.papilla	6	m. ³	65.00	390.00
Sub total			Ø	<u>1.353.00</u>

COSTO DE MANO DE OBRA

Relleno y Compactación	135.00
Chorrea y lujado	300.00
TOTAL	Ø <u>1.788.00</u>

TECHIOS

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Lámina Estruct.	30	lám.	95.00	Ø 2.850.00
Tornillos 2 1/2"	3	kgr.	11.25	33.25
Arandelas	2.5	kgr.	11.60	29.00
Alfajía 1 1/2x 4"	15	pzas.	18.60	279.00
Cumbrera	13	m.	23.00	299.00
			Sub Total	Ø <u>3.490.00</u>

COSTO MANO DE OBRA

Colocación de piezas de madera y láminas	Ø 1.500.00
(Sub Contrato)	
Sub Total	Ø <u>4.990.00</u>

INSTALACION ELECTRICA

Costo de materiales	850.00
Costo mano de obra	200.00
(Sub Contrato)	
TOTAL	Ø <u>1.050.00</u>

COLOCACION DE VIDRIOS

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Vidrios 1/16"	3	m. ²	104.00	312.00
Tubo 12x12x1 mm.	5	tubo	17.00	85.00
			Sub Total	397.00
Mano de Obra				150.00
			TOTAL	Ø <u>547.00</u>

COLOCACION DE PUERTAS Y DIVISION INTERNA

Materiales	640.00
Mano de Obra	250.00
TOTAL	<u>Ø 890.00</u>

COLOCACION PIEZAS SANITARIAS (pilas, inodoro)

Materiales	1.050.00
Mano de Obra	120.00
TOTAL	<u>Ø 1.260.00</u>

PINTURA

Materiales	490.00
Mano de Obra	300.00
TOTAL	<u>Ø 790.00</u>

RESUMEN

Costo total de Materiales	14.947.00
Costo de Mano de Obra	7.180.00
Prestaciones Sociales (47 % de Mano de Obra)	3.374.60
Costo Industrial	600.00
Transporte	160.00
Sub Total Costo directo de la vivienda	26.236.00
Imprevistos	1.313.10
Sub Total	27.574.70
Ganancia o Utilidad (10 %)	2.757.50
TOTAL	<u>Ø 30.332.00</u>

PRESUPUESTO CASA DE BLOQUES

TRABAJOS PRELIMINARES, TRAZO, CIMIENTOS Y ACERO VERTICAL

Placa corrida 0.15 x 0.30 m.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	21.10	sacos	25.50	Ø 538.05
Arena	2.3	m. ³	65.00	149.50
Piedra queb.	2.3	m. ³	85.00	195.50
Alambre negro	3.0	kgr.	7.50	22.50
Varilla Nº 3	57	u	17.00	969.00
Regla 1x3"	5	pzas.	9.30	46.50
Clavos 1 1/2"	0.5	kgr.	7.90	3.95
Cuerda	0.5	rollo	30.00	15.00
			Sub Total	Ø <u>1.940.00</u>

COSTO DE MANO DE OBRA

Trazo	Ø 35.00
Zanjeo	120.00
Armadura y Acero Vertical	300.00
Chorrea placa corrida	150.00
Sub Total	Ø <u>2.545.00</u>

PAREDES DE BLOQUES

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Bloques 12x20x40	1060	u	2.60	Ø 2.756.00
Cemento	48	sacos	25.50	1.224.00
Arena	8.0	m. ³	65.00	520.00
P. quebrada	2.50	m.	85.00	212.50
Varilla N°2	59	u.	7.80	460.20
Alambre negro	4.8	kg.	7.50	36.00
Sub Total			Ø	<u>5.209.00</u>

COSTO DE MANO DE OBRA

Pegada de bloques	Ø	1.365.00
Repello		1.800.00
TOTAL	Ø	<u>8.374.00</u>

PISO LUJADO

Materiales	Ø	1.353.00
Mano de Obra		435.00
TOTAL	Ø	<u>1.788.00</u>

PREVISTA INSTALACION MECANICA

Materiales	Ø	710.00
Mano de Obra		190.00
TOTAL	Ø	<u>900.00</u>

VIGA CORONA

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	10.50	sacos	25.50	Ø 267.75
Arena	1.40	m. ³	65.00	91.00
P.quebrada	1.40	m. ³	85.00	119.00
Varilla Nº3	25	u	17.00	425.00
Varilla Nº2	26	u	7.80	202.80
Alambre Negro	3.50	kgr.	7.50	26.25
Formaleta	20	pzas.	10.40	208.00
			Sub Total	Ø <u>1.340.00</u>

COSTO DE MANO DE OBRA

Colocación de formaleta	Ø 250.00
Armadura	160.00
Chorrea viga corona	170.00
Sub Total	Ø <u>1.920.00</u>

COLOCACION PIEZAS SANITARIAS (pilas, inodoro).

Material es	Ø 1.050.00
Mano de Obra	120.00
TOTAL Ø	<u>1.260.00</u>

PINTURA

Material es	490.00
Mano de Obra	300.00
TOTAL Ø	<u>790.00</u>

<u>COSTO TOTAL DE MATERIALES</u>	17.908.00
Costo de mano de obra	7.585.00
Prestaciones Sociales (47 % de M. de O.)	3.564.95
Transporte	350.00
Sub Total costo directo de la vivienda	29.407.95
Imprevistos (5 %)	1.470.40
Sub Total	30.878.35
Ganancia o utilidad (10 %)	3.087.80
TOTAL	Ø <u>33.966.00</u>

INSTALACION ELECTRICA

Material	Ø 892.00
Mano de Obra	200.00
TOTAL	Ø 1.092.00

Nota : El costo de materiales se aumentó en Ø 42.00 por utilización de tubos conduit.

COLOCACION VIDRIOS

Material	527.00
Mano de Obra	<u>150.00</u>
TOTAL	Ø 677.00

Nota : El costo de materiales. Se aumentó en Ø 130.00 por utilización de marcos de madera para las ventanas de 2.54 x 10.16 cm.

COLOCACION DE PUERTAS Y DIVISION INTERNA

Material	Ø 770.00
Mano de Obra	250.00
TOTAL	Ø <u>1.020.00</u>

Nota : Costo materiales aumentando en Ø 130.00 por marcos de - madera cepillada en las puertas.

BIBLIOGRAFIA

- Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI-318-77) y comentarios Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Proyecto Estructuras de Hormigón
G. Winter, A.H. Nilson
Ed. Reverté Colombiana.
- Código Sísmico de Costa Rica.
- Properties of Concrete and aggregates M^C Graw - Hill.
- Guzmán Naranjo Mario
Modelo para determinar necesidades de mano de obra para construcción de vivienda en serie.
Informe de Proyecto Final para graduación como Ingeniero Civil.
San José, 1979.

FE DE ERRATAS

Capítulo I

1.5 pág. 16, línea 17 : dice "a", debe leerse ha

1.5 pág. 17, línea 8 : dice "a", debe leerse por

1.5 pág. 17, línea 18 : en lugar de "metálicos", léase metálicas

Capítulo II

2.2 pág. 25, línea 10 : se escribió "de", léase la

2.2 pág. 27, línea 10 : en lugar de "deben hacer hacerse", deben hacerse

2.2 pág. 28, línea 4 : dice "el de", debe leerse la de

Capítulo III

pág. 36, línea 6 : en lugar de "la pared consideró", debe leerse la pared se condiseró