

24
93



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

Facultad de Ingeniería

**EL FERROCEMENTO Y SU USO
EN LA VIVIENDA RURAL**

TESIS PROFESIONAL

Que presenta

Eusebio I. Hernández López

para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E .

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| I.- GENERALIDADES | 3 |
| II.- FERROCEMENTO | 11 |
| II.1.- MATERIALES QUE LO CONSTITUYEN | 11 |
| 11.1.1.- MALLA DE REFUERZO. | 11 |
| 11.1.2.- ACERO DE REFUERZO. | 13 |
| 11.1.3.- CEMENTO | 14 |
| 11.1.4.- AGREGADOS | 16 |
| 11.1.5.- CALIDAD DEL AGUA DE LA MEZCLA | 17 |
| 11.1.6.- ADITIVOS | 17 |
| 11.1.7.- RECUBRIMIENTO | 18 |
| II.2.- PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DEL FERROCEMENTO | 19 |
| 11.2.1.- FERROCEMENTO A COMPRESION | 19 |
| 11.2.2.- FERROCEMENTO A TENSION | 24 |
| a) COMPORTAMIENTO EN EL RANGO ELASTICO. | |
| b) COMPORTAMIENTO EN EL RANGO AGRIET. | |
| c) RESISTENCIA ULTIMA. | |
| 11.2.3.- FERROCEMENTO A FLEXION | 28 |
| 11.2.4.- RESISTENCIA A LA FATIGA | 28 |
| 11.2.5.- RESISTENCIA AL IMPACTO | 32 |
| 11.2.6.- FLUENCIA | |
| 11.2.7.- CONTRACCION | |
| 11.2.8.- OTRAS PROPIEDADES DEL FERROCEMENTO | 33 |
| II.3.- USOS DEL FERROCEMENTO | 34 |
| 11.3.1.- EMBARCACIONES | 34 |
| 11.3.2.- SILOS | 37 |
| 11.3.3.- VIVIENDA | 37 |
| III.- USO DEL FERROCEMENTO EN LA VIVIENDA RURAL | 41 |
| 111.1.- CRITERIOS DE DISEÑO | 41 |
| 111.2.- DISEÑO DE LAS PLACAS PLEGADAS | 43 |
| 111.3.- MATERIALES UTILIZADOS | 44 |
| 111.4.- PROCESO CONST. DE LA VIVIENDA RURAL | 45 |

| | |
|--|----|
| IV.- COMPARACION ECONOMICA DE SU EMPLEO CON OTROS MATERIALES | 54 |
| IV.1.- ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS | 58 |
| IV.2.- PRESUPUESTO DE CIMENTACION Y EST. | 69 |
| IV.3.- ANALISIS DE LAS 3 ALTERNATIVAS DE LOSAS | 71 |
| IV.3.1.- LOSA DE FERROCEMENTO | 71 |
| IV.3.2.- LOSA DE CONCRETO | 73 |
| IV.3.3.- LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA | 75 |
| CONCLUSIONES. | 78 |
| RECOMENDACIONES. | 80 |
| BIBLIOGRAFIA. | 81 |

I N T R O D U C C I O N

Desde hace muchos años el hombre empezó a vivir en las cavernas ante la necesidad de obtener seguridad y protección a -- las inclemencias del tiempo y a los ataques de los animales salvajes.

Debido al proceso de evolución del hombre a la división -- del trabajo como resultado de la organización colectiva que fue conformando y al requerimiento de mejorar sus condiciones de vida. Construyó con los recursos materiales con que contaba sus primeras viviendas.

Al irse desarrollando el conocimiento humano el hombre fue utilizando otro tipo de recursos tanto naturales como los producidos por el mismo, resultado de la combinación inicial del -- agua con el lodo hasta llegar a utilizar el concreto de nuestros días.

Producto del desarrollo de este conocimiento humano lo representa el ferrocemento, el cual para nuestro estudio significa una alternativa viable para la construcción de la vivienda rural. ya que el campo requiere del auge que en su momento este aporte a la industria, en la cual los campesinos deban contar con mejores condiciones de vida en cuanto a vivienda y alimentación, --- para que con ello garanticen la producción de alimentos básicos que requiere nuestro país.

Para la zona rural la vivienda con la que va a contar no -- tendrá servicios urbanos (drenaje, agua potable, etc.), además debido a los bajos ingresos que obtiene el campesino de sus pro

ductos, debemos considerar el costo como un factor importante - que nos exige para proponer soluciones efectivas y concretas. - Es muy importante aceptar en las ciudades que del campo obtenemos beneficios principales como es: La Agricultura (maíz, sorgo, frijol, ajonjolí, etc.), Ganadería, Silvicultura, Pesca, -- etc; y a la vez extraemos de éstas fuentes: materia prima que nos sirve para industrializar, para así después consumirse y es justo que con este télsis brindemos a las zonas rurales lo mucho que nos ha proporcionado.

Es posible afirmar que el uso de las casas de adobe han pasado a la historia de la humanidad y anteceden al uso convencional del ferrocemento, a pesar de que éste es un material viejo por así decirse pues data de 1848 y relativamente nuevo porque todavía se encuentra en una etapa de investigación en la época actual y creemos que en un futuro cercano será uno de los materiales que se adaptarán a la construcción con mas facilidad, por su economía y reparación en caso de daños.

Cabe hacer mención que de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo Urbano, donde el gobierno plantea la necesidad de contar con el fortalecimiento y reorientación de la capacidad instalada de la industria de la construcción, así como de la autoconstrucción y de la ayuda mutua comunitaria de la vivienda popular, que en la actualidad aún no se ha logrado, resultaría una alternativa viable la utilización del ferrocemento para alcanzar tal propósito, resultado interesante que nuestros campesinos que por tradición son autoconstructores, previa capacitación de los mismos satisficieran su necesidad de vivienda mediante la utilización de dicho material.

I. GENERALIDADES .

En realidad la historia del ferrocemento se remota al año de 1848 (aunque muchos autores mencionan sin exactitud que fue entre 1847 y 1855) fecha en que fue considerada por muchos como la del uso del concreto reforzado. Se empezó a usar en experimentos realizados por el francés Joseph Louis Lambot en la que construyó botes de remos, maceteros, asientos y otros artículos con un material que llamó "Ferciment" en 1852, a esto siguieron sus técnicas constructivas Gabellini y Boon quienes en 1857 construyeron la ahora famosa balandra Zeemeekw.

En el año de 1900 se construyeron algunos pequeños botes - de motor y barcos de río, incluyendo la primera embarcación que utilizaría la U.S. Naval Reserves en los grandes lagos llamando la "CONCRETO" fue a principios de los cuarentas, cuando un notable ingeniero-arquitecto italiano llamado Pier Luigi Nervi, resucitó la idea original de Joseph Louis Lambot al observar que --- reforzando el concreto con capas de malla de alambre se obtenía un material que presentaba las características mecánicas de un material homogéneo al concreto y que demostraba tener gran resistencia al impacto. A través de una serie de pruebas el profesor Nervi estableció las características preliminares del ferrocemento. Procedió a diseñar y construir diversas techumbres que se conservan hasta nuestros días como modelos racionales y estéticos del diseño estructural.

En 1943 la Cía. Ingenieros Nervi y Bartoli empezó a construir un barco-motor de 400 toneladas, pero el proyecto y construcción tuvo que ser abandonado a causa de la segunda guerra mundial,

sin embargo, después de la guerra en 1946, Nervi y Bartoli utilizaron este material para construir barcos de poco tonelaje, siendo el mayor de ellos el velero de motor "IRENE", de 165 toneladas en la ciudad de Anzio, Italia; basados en su diseño naval de Guido Franco, el peso total de este barco era de un 5% menor que el peso de un bote similar de madera, con un costo 40% menor a esa época, además después de 8 años de regular servicio del bote estaba en perfectas condiciones y nunca había requerido de ningún mantenimiento, otro de sus atributos es que fue hecha en 3 meses aproximadamente.

Nervi también fue el primero en aplicar el ferrocemento en la Ingeniería Civil, en 1947 construyó un pequeño almacén para su propio uso, las paredes y el techo tenían un espesor de 3 cm. posteriormente techó la alberca de la academia Naval Italiana -- con una cubierta de 15 m. y después la famosa Sala de Exhibición en Turín con un claro de 91 m.

En 1958 se construyó en la Unión Soviética (U.R.S.S.) la primera estructura de ferrocemento con techo de bóveda sobre un centro comercial, desde entonces en diferentes partes de la U.R.S.S. se han construido con ferrocemento aproximadamente 10 millones de metros cuadrados de techos de 1 cm. de espesor, usando en: auditorios, salas de exhibición, centros comerciales, restaurantes, estaciones del sistema de transporte colectivo -- metro, bodega para productos y maquinaria agrícola. (ver figuras).

En 1965, el yate estadounidense "AWAHNEE" fue construido en Nueva Zelanda y en 1971, la Ferrocement Marine Construcción LTD,

construyó en Hong Kong un barco pesquero de ferrocemento llamado "ROSALYN I" con un largo total de 26 m. y desplazamiento de 250, toneladas, considerado como el mayor barco pesquero de ferrocemento del mundo para su época, para este entonces se empiezan a interesar más en este material tratando de definir sus principales características y propiedades, además de estar buscando posibles usos y aplicaciones en los diferentes campos de la Ingeniería.

En 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F A O) mostró interés en el ferrocemento y patrocinó un seminario Internacional sobre diseño y construcción de barcos pesqueros de dicho material en Wellington, Nueva Zelanda; con el propósito de recabar datos actualizados en cuanto experiencia, métodos de construcción, costos, dimensiones y revisión del empleo del ferrocemento en todo el mundo.

En 1972, el "HEZAL", embarcación de ferrocemento presforzado de 22 m. de largo ganó el clásico oceánico de veleros Sidney-Hobart en Australia. En septiembre de 1974 un constructor aficionado de barcos botó el "NEW FREEDOM" de 22.60 m. de largo; se cree que es el mayor yate de carreras oceánicas construido en Inglaterra hasta la fecha.

Un taller de introducción a las tecnologías en Asia patrocinado por el Asian Institute of Technology (AIT) y la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, tuvo lugar en Bangkok, Tailandia en noviembre de 1974, en donde se analizó la utilidad de la Tecnología del ferrocemento. Mas tarde en octubre de 1976 se estableció el Centro Internacional de Información sobre ferrocemento (IFIC) en éste mismo país, con el apoyo del Centro -

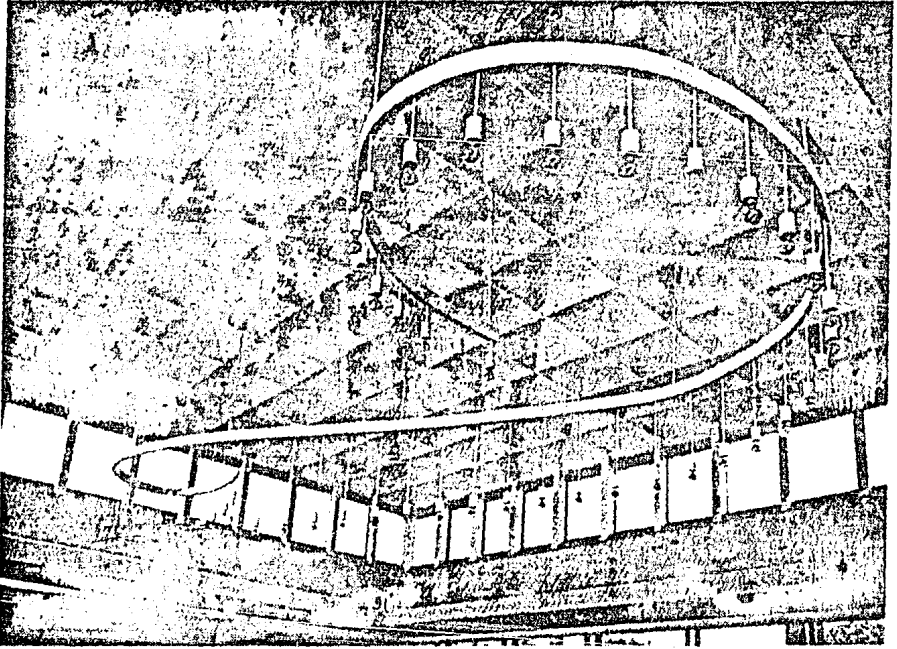
Internacional para el Desarrollo de Investigaciones de Canadá y de la Oficina de Desarrollo Internacional de Estados Unidos. - Así fue como la revista Journal of Ferrocement publicada en Nueva Zelanda se cedió a dicho centro.

A principios de 1977, el American Concrete Institute (ACI) estableció el Comité 549 sobre ferrocemento, para revisar el -- estado actual de la Tecnología y posiblemente para formular un reglamento de práctica para este material. Ya para entonces en México se empieza a poner interés en el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. Instituto Politécnico Nacional y la U.A.M. Azcapotzalco, donde están realizando una serie de trabajos con ferrocemento para resolver el problema de la falta de viviendas y la pésima calidad de las ya construidas.

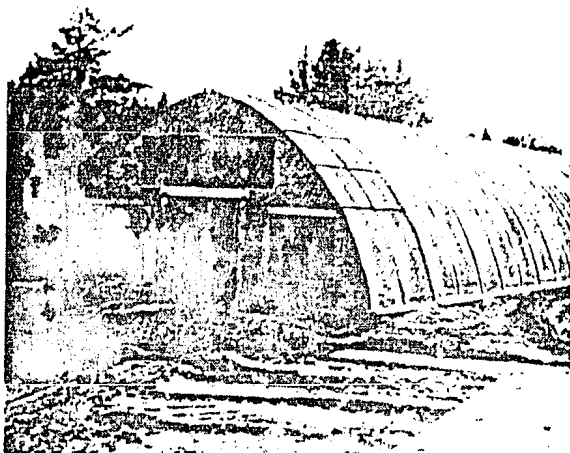
En 1978 se construyó en Leningrado una estación de superficie del metro de 43.50 X 160.0 m. con una cubierta continua de ferrocemento. La Fibersteel Company de West. Sacramento, en Estados Unidos, construirá "CHRYSOPOLIS", un casco de barco de ferrocemento de 75 m. de largo y 23 m. de ancho que, de tener --- éxito, sería el mayor casco de barco de ferrocemento.

Es así como hasta 1985 se empiezan a recopilar los aspectos más relevantes de estas investigaciones y a través de ellas visualizar sus características del material, ventajas, limitaciones, costos, especificaciones y experiencias obtenidas. Actualmente es obvio que el ferrocemento, versátil material de construcción, tiene brillantes perspectivas y definitivamente encontrará mayores aplicaciones en un futuro cercano.

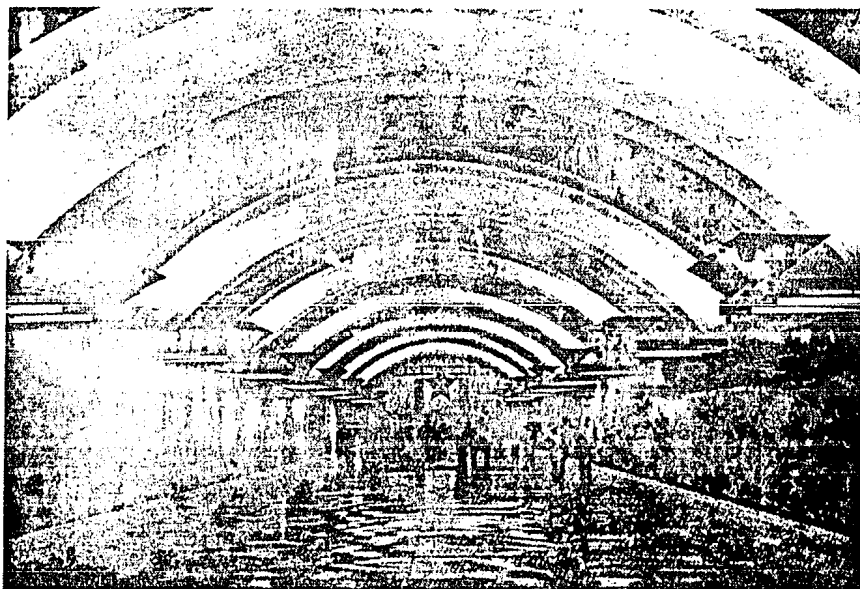
Considerando apoyar la vivienda rural y tratando de solucionar uno de sus principales problemas, orientaremos esta tesis a una adecuada solución en donde empleen tecnología elemental a -- las posibilidades de los campesinos (de bajos costos) y además - utilizar la misma mano de obra. En México se está empezando a fabricar viviendas a base de ferrocemento como material principal para muros, pisos, losas, etc; en donde satisficahese la necesidad de habitat del hombre a un costo mínimo.



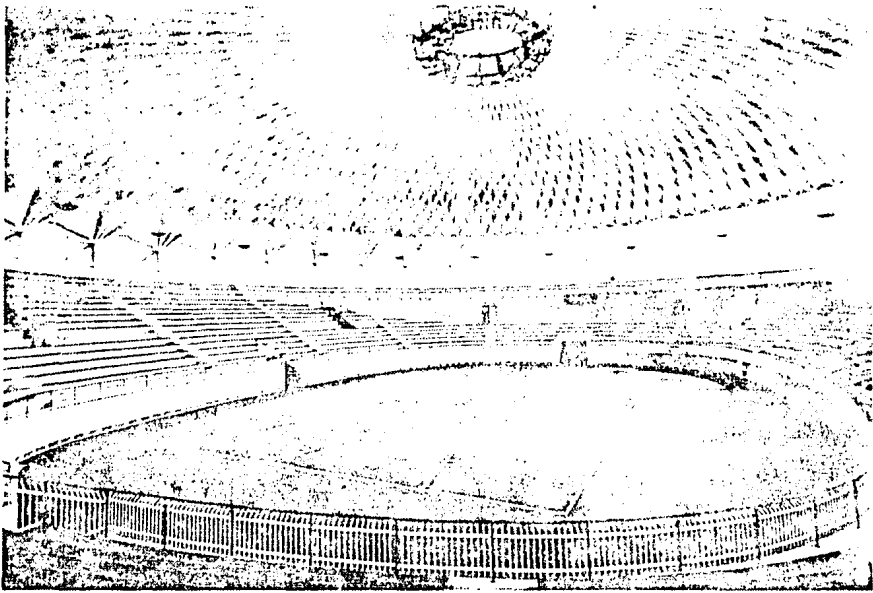
Interior de un salón cubierto fabricado con elementos de ferrocemento.



Edificio agrícola con claro de 12 mts. fabricado con elementos de ferrocemento.



Estación del sistema de transporte de Leningrado fabricado con bóveda de ferrocemento y con un claro de 17 mts.



Palacio de los Deportes en Roma, Italia: fabricado con elementos de ferro
cemento.

11.- FERROCEMENTO.

Como en la zona rural se autoconstruye para ejecutar viviendas de índole artesanal, en donde se utiliza el ferrocemento como el material principal de construcción que nos permita construir techos de casa sin utilizar cimbra trataremos por definir que el "Ferrocemento es un mortero, formado de arena y cemento; de espesor delgado, reforzado con malla de alambre en capas superpuestas y varilla de pequeño diámetro".

Las mallas de alambre generalmente tienen diámetros de 0.05 a 0.1 cm. y separaciones que varían de 0.5 a 2.5 cm. el volumen de la malla varía del 1 al 8% del volumen total del elemento estructural. El espesor de las secciones de ferrocemento varía de 1 a 4 cm. y el recubrimiento de la capa más alejada del alambre usualmente de 0.15 a 0.20 cm. El mortero de concreto consiste en cemento Portland ordinario, agua y agregado finamente granulado (arena natural) que rara vez excede de 0.5 a 0.7 cm. casi siempre es de 0.2 aprox. lo que permite el uso de una malla con separaciones menores.

11.1.- MATERIALES QUE LO CONSTITUYEN

11.1.1.- MALLA DE REFUERZO.

Generalmente consiste en alambres delgados, ya sean entrelazados o soldados, siendo el requisito principal el de fácil manejo y flexible para doblar; la función de la malla y de la varilla de refuerzo es la de actuar como marco para sostener el mortero en estado fresco y absorber la varilla de los esfuerzos de tensión.

Las mallas se dividen en:

a) Malla de alambre exagonal. Es la malla más popular y más comunmente usada, es la más económica y la de fácil manejo - se le conoce como "Alambre o malla de gallinero", y se fabrica con alambre estirado frío que se entreteje en patrones exagonales, tiene un diámetro de 0.05 a 0.1 cm. y las aberturas de la malla varían de 0.5 a 2.5 cm. Puede entretejarse en obra lo que da oportunidad de escoger el tamaño de la malla y diámetro del alambre más apropiado para el tipo de trabajo.

b) Malla de alambre soldado. Generalmente se utiliza alambre de calibre 18 ó 19 y esta hecho de acero, con resistencia a tensión baja o mediana, es más rígido que el que se utiliza en mallas exagonales, puede moldearse más fácilmente, desafortunadamente tiene la posibilidad de presentar puntos débiles en las intersecciones, que resultan de una soldadura inadecuada en la fabricación de ésta, las pruebas hechas demuestran que las mallas de mejor calidad tienen mayor tendencia a fallar que otros tipos de mallas, cuando las intersecciones están sujetas a fallas.

c) Malla entretejida. Los alambres están entretejidos al tamaño de la cuadrícula deseada y no están soldados en las intersecciones, los alambres de malla no están perfectamente derechos y existe cierto grado de ondulación, las pruebas indican que esta malla se comporta tan bien o mejor que las mallas soldadas ó las exagonales, uno de sus problemas es que; es difícil mantenerla en una posición pero al estirarla fácilmente se somete a las curvas deseadas.

d) Malla de metal desplegado. Se le conoce también como, - "Marco metálico de yesero" y se forma cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante. El metal desplegado por su peso no es tan resistente como la malla entretejida pero en cuanto a la relación que existe entre el costo y la resistencia, tiene mayor ventaja, cuenta también con una adherencia mecánica y facilidad de colocación, una pequeña desventaja es que tiende a abrirse debido a la acción de tijera de malla en forma de diamante.

e) Malla Watson. Fue diseñada por Mesh Industries LTD; en Nueva Zelanda y consiste en alambres rectos de alta resistencia y en un alambre ondulado transversal que mantiene en posición éstos alambres. Los alambres de alta resistencia están colocados en 2 niveles paralelos uno al otro y están separados de los primeros por alambre de acero dulce transversal. El resultado es una malla muy resistente que no esta sujeta a ruptura durante el manejo o por esfuerzos en el mortero fraguado, ésta malla permite una completa flexibilidad y libertad de forma; una de las características más atractivas de malla Watson, es la posibilidad de ahorrar de manera significativa en la mano de obra.

III.2.- ACERO DE REFUERZO.

Se emplea para hacer el armazón de la estructura sobre la cual se colocan las capas de malla; tanto las varillas longitudinales - como las transversales se distribuyen uniformemente y se amoldan a la forma deseada. Las varillas se separan lo mas posible hasta una distancia de 30 cm. donde no son tratados como refuerzo estructural, sino que frecuentemente se les considera como vari-----

llas de separación para los refuerzos de la malla. En algunos casos el acero del armazón se separa a una distancia de 7.5 cm. de centro a centro, actuando como un elemento principal de refuerzo con malla de alambre en barcos, barcazas, secciones tubulares etc; En la construcción con ferrocemento se usan varillas de acero dulce para las direcciones longitudinal y transversal; en algunos casos se usan varillas de alta resistencia y alambre recocido pretensado. El tamaño de la varilla varía de 0.42 a 0.95 cm. (0.165 a 3/8 de pulgada), siendo el más común el de 0.63 cm (1/4 pulgada). Los tableros de ferrocemento con varillas longitudinales transversales de estas medidas tienen aproximadamente 2.54 cm. de espesor.

11.1.3.- CEMENTO

Puede describirse como un material con propiedades de adherencia y cohesión que lo hacen capaz de aglutinar fragmentos minerales en una masa compacta.

El material adhesivo o matriz del ferrocemento lleva el nombre de mortero, normalmente esta hecho de cemento Portland y arena común de sílice; en presencia del agua, el cemento reacciona para formar un gel cementante que con el tiempo produce una masa firme y dura, es decir, la pasta de cemento endurecido. Esta pasta en su estado fresco aglutina las partículas del agregado que da como resultado un material denso, quebradizo. Las propiedades del mortero se rigen por el tipo de calidad de los materiales que lo constituyen, la proporción en que están combinados, sus condiciones de preparación y factores ambientales. El

factor más importante es que su consistencia se mantenga uni forme, compacta, sin huecos, detrás de las concentraciones - del refuerzo y de las mallas.

Distintos investigadores coinciden en que éste debe reunir las siguientes características: baja permeabilidad, lo - cual implica la utilización de arenas bien graduadas y alto consumo de cemento; las mínimas contracciones por secado y una manejabilidad adecuada para las condiciones de trabajo que se empleen; lo anterior conduce a morteros de alta resistencia a compresión, por lo general superior a 300 kg/cm². Los tipos de cementos Portland adecuados para la construcción de ferrocemento se dividen en:

a) Cemento Portland Tipo I. No se recomienda para estructuras que pueden estar sujetas a fuertes ataques de sulfatos en el terreno, agua dulce o agua de mar, así como elevaciones excesivas de temperatura debido a hidratación. Frecuentemente se utiliza en la construcción de barcos de ferrocemento en climas - calientes, ya que no genera tanto calor como otros de cemento - durante la hidratación.

b) Cemento Portland tipo II. Se le conoce también como -- "Cemento modificado", y su uso proporciona resistencias inicia - les bajas y resistencias últimas más altas, dando una estructura de gel más denso.

c) Cemento Portland de endurecimiento rápido Tipo III. Adquiere su resistencia más rápidamente y se elige cuando requiere de una resistencia inicial alta; en las construcciones a bajas -

temperaturas el uso del cemento con un alto nivel de liberación de calor, puede ser una salvaguarda satisfactoria para el daño producido por las heladas y puede crear problemas en un clima caliente debido a una acelerada velocidad de fraguado inducida por la temperatura del aire. Es de los cementos de bajo costo que se dispone actualmente.

d) Cemento Portland resistente a los sulfatos Tipo V. Se recomienda principalmente para la construcción con ferrocemento en ambientes marinos y en estructuras susceptibles al ataque -- por sulfatos; tiene un tiempo de fraguado promedio y por lo tanto, no presionará al constructor para apresurar la obra durante el aplinado, lo que tendría como resultado una sección pobremente compactada. Por lo general no puede producirse a bajo costo.

e). Cemento Portland Puzolánico. Se obtiene al moler juntas o combinar mezclas de cemento Portland y Puzolana. La puzolana es un material natural o artificial que contiene sílice en una forma reactiva y puede representar hasta un 40% de la cantidad total de material del cemento; el cemento Portland Puzolánico muestra buena resistencia al ataque de sulfatos y a otros -- agentes destructivos, y es frecuentemente recomendado por expertos en ferrocemento. Otras ventajas en su empleo es su precio competitivo en comparación con el de cemento Portland y su bajo nivel de calor de hidratación.

11.1.4.- AGREGADOS.

Es el término dado al material inerte dentro de la pasta de cemento. Este material ocupa del 60% al 70% del volumen del

mortero, deben ser fuertes, impermeables y capaces de producir una mezcla trabajable con una relación agua cemento mínima para lograr la penetración en la malla; el agregado normalmente es arena natural en la cual debe tenerse mucho cuidado ya que las arenas blandas pueden verse seriamente afectadas por la abrasión y reacciones químicas; la experiencia actual demuestra que la arena que contiene sílice dura angulosa, partículas de roca, arena volcánica y arena de mar es adecuada, pero no debe tener exceso de partículas finas.

11.1.5.- CALIDAD DEL AGUA DE LA MEZCLA.

Las impurezas del agua pueden interferir en el fraguado del cemento y afectar adversamente la resistencia o provocar manchado en la superficie, y asimismo provocar la corrosión del refuerzo. En ningún caso debe usarse agua de mar para mezclar el mortero, ya que aumentará el riesgo de corrosión de la malla y del refuerzo. Generalmente el agua de los servicios públicos está considerada como satisfactoria; pero en las zonas rurales como no se cuenta con esta agua se tratará de tomarse las precauciones antes de usar el agua que contenga impurezas haciendo un análisis de ésta ó bien aplicando un aditivo.

11.1.6.- ADITIVOS.

La mayor parte de los aditivos se usa para mejorar la trabajabilidad, para reducir la exigencia de agua o para prolongar el fraguado del mortero. Los aditivos más comunmente usados en ferrocemento son:

- a) Tipo A. Aditivos reductores de agua.
- b) Tipo B. Aditivos retardantes.
- c) Tipo D. Aditivos reductores de agua y retardantes.
- d) Tipo E. Aditivos reductores de agua y acelerantes.

La cantidad de aditivos representa el 1% del peso del cemento en la mezcla.

11.1.7.- RECUBRIMIENTO

Las estructuras de ferrocemento no necesitan protección alguna, a no ser que se sometan a fuertes ataques químicos que dañen la integridad estructural de sus elementos. En estructuras terrestres, se aplica a la superficie pintura ordinaria para mejorar su apariencia. Las estructuras marinas necesitan protección contra la corrosión y se ha encontrado que los recubrimientos de vinilo y epóxico son los mejores recubrimientos orgánicos.

Como podemos ver en base a investigaciones hechas con ferrocemento sobre los diferentes tipos de mallas, cementos y agregados podemos citar algunas de sus ventajas y desventajas sobre este material.

Dentro de las ventajas y cualidades que se atribuyen al ferrocemento, esta la posibilidad de construir estructuras delgadas de 1 pulgada aprox. con una resistencia a la tensión relativamente alta y básicamente con un comportamiento casi homogéneo y libre de grietas, además no se requiere de mano de obra especializada para su construcción, misma que beneficiaría a las zonas rurales para poder autoconstruir su vivienda; sin embargo o-

tras de sus ventajas son su moldeabilidad, durabilidad, impermeabilidad y una de las más importantes es que no se requiere cimbra.

Por lo que respecta a sus desventajas podemos citar el es caso control de calidad como uno de los aspectos más importantes dentro del ferrocemento.

11.2.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL FERROCEMENTO.

Idealmente el ferrocemento actúa como un material homogéneo en el rango elástico y el esfuerzo se obtiene de las leyes de la mezcla; es así como se interesan en estudiar las propiedades y características del ferrocemento para poder diseñar racionalmente las estructuras que se piensen construir y aprovechar la mano de obra no calificada, sobre todo en las zonas rurales.

11.2.1.- FERROCEMENTO A COMPRESION.

En el ensayo de compresión no fue posible hacer un estudio de agrietamiento, ya que cuando éste tiene lugar la pieza ha alcanzado su capacidad de carga, presentándose la falla, haciéndose un registro de resistencia última para relacionarlas con la capacidad del mortero y con los valores del volumen del refuerzo (V_r) ó de la superficie específica (S_1), que se describen a continuación:

La superficie específica del ferrocemento varía entre 2 cm. y 3 cm. definiendo a la superficie específica como la relación entre el área de contacto del acero de refuerzo y el volumen de la pieza considerada por lo tanto:

$$S_1 = \pi \frac{dn}{at} \quad \delta \quad S_1 = \frac{0.94 n_1 + 0.49 n_2}{t}$$

donde:

S_1 = Superficie específica n = No. de mallas de capa de refuerzo.
 d = Diámetro del alambre a = Espaciamiento del alambre
 t = Espesor del espécimen.
 n_1 = No. capas orientadas en dirección longitudinal
 n_2 = No. capas orientadas en dirección transversal

Varios autores mencionan que el ferrocemento se puede analizar como un material homogéneo siempre y cuando deba tener una superficie específica superior a 0.5 cm. y si los valores exceden 3 cm. las características propias del ferrocemento empiezan a variar disminuyendo la resistencia a la compresión.

El volumen de refuerzo (V_r) se define como la relación entre el volumen de refuerzo en la longitud considerada, al volumen de mortero correspondiente a esa misma longitud, por lo tanto:

$$V_r = \pi \frac{d^2 n}{4at}$$

donde:

V_r = Volumen de refuerzo d = Diámetro del alambre
 n = No. de capas de malla de refuerzo
 a = Espaciamiento del alambre t = Espesor del espécimen.

Una vez estudiados éstos conceptos podemos considerar que la resistencia del concreto coincide con la del ferrocemento y que los resultados experimentales obtenidos por diversos investigadores muestran que el módulo de elasticidad a compresión directa aumenta proporcionalmente con el incremento del contenido de acero (ver tabla 1).

También se realizaron experimentos con mallas de metal desplegado en donde la rapidez con que disminuye la resistencia es menor que la que se presenta en mallas exagonales, ésto se explica porque las mallas de metal desplegado, son más rígidas y trabajan más eficientemente que las exagonales (tela de gallinero).

En investigaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. señalan que dentro de los objetivos sobre la zona rural es el de desarrollar un sistema constructivo sencillo con el cual la gente del campo, en forma artesanal pueda construir diversas estructuras de ferrocemento por lo que estudiaron el método de colado.

Se eligieron para las pruebas los siguientes tipos de mallas, metal desplegado de 600 gr/m. 1000 gr/m. y malla exagonal de 14.3 X 19 mm. la primera se seleccionó debido a su bajo costo y buen comportamiento y la 2a. por la facilidad que presenta para ajustarse en cualquier forma y por ser más común en el mercado se varió la cantidad de refuerzo, empleada en los especímenes y se utilizó una relación agua-cemento=1.75 se empleó cemento Portland Tipo III y se obtuvieron resultados similares a los del ferrocemento (ver tabla 2).

También se hicieron pruebas de resistencia a compresión con morteros encontrando que en los cubos de 5 X 5 X 5 cm. resultaba 488 kg/cm² mientras que en cilindros de 5 cm. de diámetro y 10 cm. de altura, se alcanzaba una resistencia de 350 kg/cm². en tanto que en el ferrocemento fue de 353 kg/cm². para cubos y cilindros.

En síntesis, el material ferrocemento sometido a compresión, se comporta como un material compuesto y su resistencia resulta ser inferior a la del mortero cuando el número de capas de malla de alambre sea menor de 4. Se puede decir que el número ideal de capas es de 6 u 8 ya que se evita una falla prematura por pandeo de refuerzo, se incrementa la resistencia a compresión y se evitan fallas por adherencia.

Tabla 1. Comparación de los módulos de elasticidad teóricos con los valores experimentales*

| Malla | Núm. de capas | E_t (exp) kg/cm ² | E_t (th) kg/cm ² | E_t (exp)/ E_t (th) kg/cm ² | E_{cr} (exp) kg/cm ² | E_{cr} (th) | E_{cr} (exp)/ E_{cr} (th) |
|--|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Malla cuadrada | 1 | 25 026.8 | 26 981.1 | 0.927 | 4 358.6 | 4 393.7 | 0.992 |
| tejida de 0.064 | 2 | 45 835.6 | 34 290.2 | 1.340 | 14 833.3 | 12 527.4 | 1.184 |
| x 0.064 cm. | 4 | 62 918.5 | 48 879.5 | 1.286 | 30 932.0 | 27 677.1 | 1.118 |
| Diámetro del alambre = 0.064 cm | 6 | 70 300.0 | 63 473.8 | 1.108 | 44 851.4 | 42 587.7 | 1.053 |
| Malla cuadrada | 1 | 27 979.4 | 29 497.8 | 0.949 | 6 608.2 | 7 318.2 | 0.903 |
| tejida de 1.27 | 2 | 39 578.9 | 39 318.7 | 1.007 | 18 278.0 | 18 299.0 | 0.999 |
| x 1.27 cm. | 3 | 55 958.8 | 49 132.6 | 1.139 | 27 065.5 | 28 633.1 | 0.945 |
| Diámetro del alambre = 0.104 cm | 4 | 61 653.1 | 58 946.5 | 1.046 | 38 243.2 | 38 791.5 | 0.986 |
| Malla cuadrada soldada de 2.55 x 2.5 cm. | 2 | 44 289.0 | 44 612.3 | 0.992 | 19 121.6 | 23 388.8 | 0.818 |
| Diámetro del alambre = 0.160 kg/cm ² | | | | | | | |

Tabla 2.

RESULTADOS DE LOS ENSAYES A COMPRESIO:

| SERIE | Especimen | fc max. kg/cm ² | Def.Unitaria | fc max mortero kg/cm ² | Def.Unitaria mortero | S _L cm ⁻¹ | V _R |
|-----------|-----------|-------------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------|
| PL-1000-2 | | 350 | - | 403 | - | 0.94 | 1.66 |
| PL-1000-4 | | 270 | 0.0016 | 375 | 0.0028 | 1.83 | 3.31 |
| PL-1000-6 | Moldes | 240 | 0.0013 | 366 | 0.0025 | 2.82 | 4.98 |
| PL-1000-8 | | 200 | - | 312 | 0.0027 | 3.76 | 6.64 |
| PL-1000-2 | | 235 | 0.0016 | 403 | - | 1.07 | 1.87 |
| PL-1000-4 | | 120 | 0.0014 | 375 | 0.0028 | 2.69 | 4.75 |
| PL-10006 | Panel | 140 | 0.0013 | 366 | 0.0025 | 3.43 | 6.05 |
| PL-1000-8 | | 105 | - | 312 | 0.0027 | 3.95 | 6.95 |
| PL-600-3 | | 315 | 0.0013 | 353 | 0.0027 | 0.86 | 1.16 |
| PL-600-6 | | 200 | 0.0017 | 300 | 0.0027 | 1.72 | 2.32 |
| PL-600-9 | Moldes | 190 | 0.0013 | 312 | 0.0026 | 2.80 | 3.77 |
| PL-600-12 | | 195 | 0.0009 | 344 | 0.0028 | 3.45 | 4.65 |
| PL-600-3 | | 300 | 0.0014 | 253 | 0.0027 | 1.15 | 1.57 |
| PL-600-6 | | 215 | 0.0014 | 300 | 0.0027 | 2.03 | 2.75 |
| PL-600-9 | Panel | 220 | 0.0025 | 312 | 0.0026 | 2.97 | 4.00 |
| PL-600-12 | | 250 | 0.0013 | 344 | 0.0028 | 3.67 | 4.96 |
| GA-1/2-2 | | 355 | 0.0025 | 393 | 0.0022 | 0.50 | 0.70 |
| GA-1/2-4 | | 220 | 0.0017 | 353 | - | 1.00 | 1.45 |
| GA-1/2-6 | Moldes | - | - | 387 | - | - | - |
| GA-1/2-8 | | 175 | 0.0022 | 369 | 0.0025 | 1.02 | 2.90 |
| GA-1/2-2 | | 275 | 0.0018 | 393 | 0.0022 | 0.61 | 0.65 |
| GA-1/2-4 | | 135 | 0.0016 | 353 | - | 1.27 | 1.35 |
| GA-1/2-6 | Panel | 190 | 0.0014 | 387 | - | 1.77 | 1.90 |
| GA-1/2-8 | | 225 | 0.0011 | 369 | 0.0025 | 2.10 | 2.55 |

11.2.2.- FERROCEMENTO A TENSION

a) Comportamiento en el rango elástico. En el ferrocemento las mallas de alambre estan alineadas ya sea con la carga o con alguna orientación; por lo que se necesita tomar en cuenta la orientación de la malla en la derivación de sus características de resistencia o sea que la resistencia del ferrocemento a tensión, coincide practicamente con la resistencia de las mallas de refuerzo, después de la aparición de la primera grieta, dependiendo también del tipo de malla que se use.

La mayoría de las mallas de refuerzo pueden considerarse -- como si estuvieran formadas por secciones típicas (ver figura a.1) en serie, siendo el módulo de elasticidad (igual en las fibras superiores e inferiores y el del mortero se mantiene sin cambio en toda la sección.

b) Comportamiento en el rango de agrietamiento.

b.1) Resistencia a la primera grieta. Naaman y Shah, observaron en sus experimentos que el esfuerzo al aparecer la primera grieta, es una función de la superficie específica del refuerzo, definida como la relación del área superficial total del alambre en contacto con el mortero, en la dirección de carga al volumen del compuesto.

Las primeras grietas se forman en secciones críticas al azar, donde el esfuerzo uniforme de tensión excede a la resistencia de la matriz. En la sección de la primera grieta ocurre un deslizamiento entre la matriz y la varilla de refuerzo; los esfuerzos de tensión de la matriz están presentes entre las primeras grietas.

tas debido a la acción de adherencia que tiene lugar conforme la matriz tiende a deformarse con el acero de refuerzo. Se forma una nueva grieta conforme aumenta la carga externa y el esfuerzo uniforme excede a la resistencia a la tensión de la matriz.

Continuarán apareciendo grietas entre las ya existentes, hasta que el esfuerzo de la matriz no excede de nuevo a la resistencia a la tensión de la matriz, debido al deslizamiento excesivo y a la reducida separación entre las grietas para transferir suficiente esfuerzo en la matriz; cuando se alcanza esta condición la separación entre grietas, se mantiene constante pero el ancho de éstas aumentará conforme aumenta el esfuerzo de tensión en el refuerzo.

Se encontró que el valor óptimo a la primera grieta está comprendido entre 1.4 cm²/cm³ y 2.0 cm²/cm³.

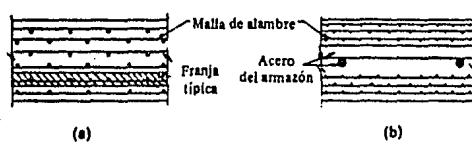
b.2) Separación de grietas. Se puede considerar una área unitaria de la matriz en donde la fuerza diferencial debe estar en equilibrio con las fuerzas de adherencia generadas en la superficie de contacto en este elemento. Y la separación real promedio de las grietas se considera como:

$$l \text{ prom} = \frac{1.5}{n_l} \frac{1}{S_l}$$

n_l = Varía entre 1.5 y 2

S_l = Superficie específica del refuerzo.

Esta relación es válida para el ferrocemento como para el concreto reforzado tradicional.



(Figura a.1) Sección transversal típica de un elemento de losa de ferrocemento.
a) Sección sin acero del armazón.
b) Sección con acero del armazón.

b.3) Ancho de grietas. Bezukladov, encontró que para grietas de 0.5 mm. se sellan por sí solas y para mayores de 0.1 mm. se ha encontrado que presentan problemas de corrosión e impermeabilidad; pero actualmente se ha comprobado que el ancho de la grieta es inversamente proporcional a la superficie específica (S₁) en la dirección de la carga.

En síntesis podemos decir que el ferrocemento reforzado con el mismo porcentaje de acero a tensión monoaxial, puede resistir más esfuerzos que el concreto reforzado tradicional.

La separación y ancho de grietas, disminuye con el aumento de la superficie específica del refuerzo en dirección longitudinal.

c) Resistencia Última.

Cuando las fibras de resistencia relativamente alta y los módulos están ahogados en una matriz frágil, la resistencia última del compuesto se deriva únicamente de la resistencia última de las fibras. Se demostró que la resistencia última a la tensión en ferrocemento, reforzado con malla de metal desplegado en dirección a la carga está comprendido por:

$$F_{t\text{máx}} = 18 + 32 S_1$$

Donde:

S₁ = Superficie específica.

11.2.3. FERROCEMENTO A FLEXION.

El acero del armazón no tiene contribución dentro del rango elástico debido al centro de gravedad de la sección. Sin embargo, tiene una contribución siempre y cuando no ocurra pérdida de adherencia entre el mortero y la varilla de acero.

Se supone que una sección transversal que era plana antes de la carga permanece plana después de la carga y la deformación es proporcional al esfuerzo. En investigaciones hechas por el Instituto de Ingeniería, de la U.N.A.M. sobre la flexión en ferrocemento se analizaron varios tipos de mallas de acuerdo con los valores de superficie específica y volumen de refuerzo alcanzados (cm³). Los resultados se muestran en tablas no. 3 y se obtuvieron para deflexiones de 0.1 y 0.2 cms.

Para los esfuerzos máximos se encontraron las siguientes expresiones:

$$Ff_{\text{máx}} = 19.5 + 92.6 S_l \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$Ff_{\text{máx}} = 64.2 + 47.6 V_r \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

11.2.4. RESISTENCIA A LA FATIGA.

En esta prueba se toman en cuenta los efectos del uso de malla de refuerzo, del acero de armazón, de los métodos de curado y de los tipos de cemento -- (ver tabla 4) Los resultados de la prueba indican que la resistencia a la fatiga del ferrocemento depende de las propiedades de fatiga del refuerzo, incluyen tanto la malla de alambre como el acero del armazón, implican además, que la malla reforzada sin galvanizar parece impartir mejor resistencia a la fatiga -- que la malla galvanizada.

Tabla 3

ENSAYO POR FLEXION
Serie PL - 1000

| Serie | Colado | Esfuerzo del Mortero | Esfuerzo primera grieta | Esfuerzo flecha 0.1 cm | Esfuerzo flecha 0.2 cm | Esfuerzo máximo | Esfuerzo máximo promedio | S _c cm ⁻¹ | V _r |
|-----------|--------|----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------------|----------------|
| PL-1000-2 | M | 1650 | 69.15 | 20.00 | 40.00 | 75.00 | 107.50 | 0.94 | 1.66 |
| | | 1675 | | 50.00 | 72.00 | 140.00 | | 0.94 | 1.66 |
| PL-1000-4 | L | 1580 | 111.71 | 46.67 | 44.62 | 184.63 | 184.63 | 1.91 | 3.38 |
| | | 1510 | | - | - | - | | - | - |
| PL-1000-6 | E | 1460 | 231.40 | 49.83 | 64.72 | 249.17 | 350.58 | 2.82 | 4.98 |
| | | 1360 | | 51.64 | 71.91 | 451.99 | | 4.03 | 7.11 |
| | | 1500 | | 60.80 | 92.25 | 304.01 | | 3.88 | 6.81 |
| PL-1000-8 | | 1480 | 211.40 | 39.81 | 55.04 | 461.26 | 382.64 | 3.86 | 6.81 |
| | | 1210 | | 33.00 | 77.00 | 198.70 | | 1.20 | 2.12 |
| PL-1000-1 | P | 1300 | 198.69 | 46.25 | 69.55 | 190.70 | 190.70 | 1.20 | 2.12 |
| | | 1430 | | 28.41 | 46.12 | 215.24 | | 2.89 | 5.11 |
| PL-1000-4 | N | 1340 | 113.24 | 38.64 | 70.04 | 362.28 | 289.76 | 2.89 | 5.11 |
| | | 1360 | | 37.94 | 60.85 | 207.61 | | 3.32 | 5.88 |
| PL-1000-6 | L | 1360 | 240.00 | 57.81 | 93.24 | 363.64 | 285.63 | 3.76 | 6.67 |
| | | 1500 | | 58.13 | 104.81 | 373.70 | | 4.42 | 7.84 |
| PL-1000-8 | | 1480 | 241.64 | 40.74 | 74.07 | 309.61 | 341.17 | 4.18 | 7.11 |

Table 3.

ENSAYE POR FLEXION (CONTINUACION)
Serie PL - 600

| Serie | Colado | Esfuerzo* del mortero | Esfuerzo* primera grieta | Esfuerzo* flecha 0.1 cm | Esfuerzo* flecha 0.2 cm | Esfuerzo* máximo | Esfuerzo* máximo promedio | S _L en 1 | V _R ⁸ |
|-----------|--------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| PL-600-3 | H | 1670 | | | | | | | |
| | | 1400 | 73.13 | 49.87 | 64.83 | 149.60 | 149.60 | 0.87 | 1.18 |
| PL-600-6 | O | 1200 | | 27.30 | 34.91 | 102.94 | | 1.66 | 2.24 |
| | | 1210 | 71.80 | 42.07 | 53.71 | 161.12 | 132.03 | 1.66 | 2.24 |
| PL-600-9 | D | 1210 | | 33.77 | 65.56 | 238.41 | | 2.61 | 3.53 |
| | | 1300 | 180.80 | 39.74 | 64.57 | 238.41 | 238.41 | 2.61 | 3.53 |
| PL-600-12 | E | 1430 | | | | | | | |
| | | 1340 | 58.50 | | | | | | |
| PL-600-3 | P | 1670 | | | | | | | |
| | | 1400 | 131.49 | | | | | | |
| PL-600-6 | A | 1200 | | 39.06 | 65.61 | 312.50 | | 2.18 | 2.94 |
| | | 1210 | 247.19 | 35.94 | 68.75 | 335.91 | 324.22 | 2.18 | 2.94 |
| PL-600-9 | N | 1210 | | 42.11 | 76.71 | 383.54 | | 3.16 | 4.28 |
| | | 1300 | 391.14 | 27.07 | 66.18 | 398.54 | 391.06 | 3.16 | 4.28 |
| PL-600-12 | L | 1430 | | 64.84 | 115.34 | 475.78 | | 4.09 | 5.51 |
| | | 1340 | 371.23 | 72.09 | 118.22 | 475.78 | 475.78 | 4.09 | 5.51 |

ENSAYE POR FLEXION (CONTINUACION)
Serie GA-1/2

| Serie | Colado | Esfuerzo* del mortero | Esfuerzo* primera grieta | Esfuerzo* flecha 0.1 cm | Esfuerzo* flecha 0.2 cm | Esfuerzo* máximo | Esfuerzo* máximo promedio | S _L en 1 | V _R ⁸ |
|----------|--------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| GA-1/2-2 | H | 1460 | | 20.00 | 21.00 | 45.00 | | 0.49 | 0.53 |
| | | 1360 | 37.24 | 46.50 | 50.00 | 60.00 | 52.50 | 0.49 | 0.53 |
| GA-1/2-4 | O | 1400 | | 31.66 | 42.21 | 84.43 | | 1.01 | 1.04 |
| | | 1360 | 42.56 | 29.80 | 39.74 | 59.60 | 72.02 | 0.93 | 1.05 |
| GA-1/2-6 | D | 1350 | | 44.63 | 57.39 | 106.27 | | 1.52 | 1.63 |
| | | 1310 | 60.83 | 34.60 | 47.06 | 145.33 | 125.80 | 1.71 | 1.86 |
| GA-1/2-8 | E | 1230 | | 45.35 | 72.56 | 108.84 | | 1.87 | 2.01 |
| | | 1260 | 93.09 | 40.00 | 55.00 | 140.00 | 124.42 | 1.96 | 2.11 |
| GA-1/2-2 | P | 1460 | | 29.02 | 27.21 | 36.28 | | 0.65 | 0.70 |
| | | 1360 | 39.64 | 27.98 | 44.07 | 55.96 | 46.12 | 0.57 | 0.61 |
| GA-1/2-4 | A | 1400 | | 28.43 | 53.49 | 56.31 | | 1.63 | 1.76 |
| | | 1360 | 33.37 | 14.41 | 18.02 | 45.05 | 50.68 | 1.31 | 1.41 |
| GA-1/2-6 | N | 1350 | | 8.24 | 16.49 | 74.95 | | 1.78 | 1.92 |
| | | 1310 | 33.73 | 29.98 | 29.98 | 74.95 | 74.95 | 1.78 | 1.92 |
| GA-1/2-8 | L | 1230 | | 35.12 | 51.09 | 63.86 | | 2.18 | 2.34 |
| | | 1260 | 43.70 | 27.84 | 32.05 | 64.75 | 64.31 | 2.18 | 2.34 |

* Esfuerzo en Kg/cm²

Tabla 4.

Resultados de pruebas de fatiga de placas de ferrocemento.

| Reforzo | Carga máxima como % de la carga última estática | Carga máxima kg | Esfuerzo máximo de compresión kg/cm ² | Esfuerzo máximo de tensión kg/cm ² | Esfuerzo máximo en el alambre en la zona extrema a tensión kg/cm ² |
|--|---|-----------------|--|---|---|
| Malla cuadrada soldada; Diámetro del alambre = 0.08 cm | 60 | 1 501 | 194 | 72 | 1 030 |
| Esfuerzo de fluencia al 0.2% de deformación = 2 600 kg/cm ² | 55 | 1 363 | 178 | 66 | 944 |
| Esfuerzo último = 4 445 kg/cm ² | 50 | 1 251 | 162 | 60 | 858 |
| Módulo de Young = 642 000 x kg/cm ² | | | | | |
| $\nu_f = 0.81^a + 1.23^b = 2.04\%$ | 45 | 1 125 | 146 | 54 | 773 |
| Metal desplegado = 0.13 x 0.05 cm | 65 | 1 496 | 197 | 71 | 1 039 |
| Esfuerzo de fluencia al 0.2% de deformación = 3 018 kg/cm ² | 60 | 1 381 | 182 | 65 | 959 |
| Esfuerzo último = 4 313 kg/cm ² | 55 | 1 265 | 167 | 60 | 879 |
| Módulo de Young = 958 000 kg/cm ² | 50 | 1 151 | 152 | 54 | 799 |
| $\nu_f = 0.76^a + 1.23^b = 1.99\%$ | 45 | 1 036 | 137 | 49 | 719 |
| Malla de alambre hexagonal | 65 | 1 301 | 172 | 62 | 939 |
| Diámetro del alambre = 0.08 cm | | | | | |
| Esfuerzo de fluencia = 2 172 kg/cm ² | 60 | 1 201 | 159 | 57 | 866 |
| Esfuerzo último = 3 538 kg/cm ² | 55 | 1 101 | 145 | 52 | 794 |
| Módulo de Young = 723 000 kg/cm ² | | | | | |
| $\nu_f = 0.69^a + 1.23^b = 1.92\%$ | 50 | 1 000 | 132 | 47 | 722 |

En todos los casos: 6 capas de malla; tamaño de la muestra: 61 x 36 x 3 cm

Se utilizó un emparrillado de armazón de acero dúctil @ 7.6 cm c/c en ambas direcciones con diámetro de 0.59 cm; esfuerzo de fluencia: 2 010 kg/cm²; esfuerzo último 3 475 kg/cm²; módulo de elasticidad de Young: 1 717 500 kg/cm². Cemento Portland: arena = 1:1.65; relación agua/cemento = 0.41 por peso; resistencia a la rotura cilíndrica del mortero = 510 kg/cm²; módulo de ruptura = 43 kg/cm²; módulo tangente al 50% de resistencia = 254 837 kg/cm²

a = % de volumen de malla de alambre.
b = % del volumen de acero del armazón.

11.2.5. RESISTENCIA AL IMPACTO.

La resistencia al impacto del ferrocemento es ligeramente mayor que la del concreto reforzado tradicional por su elevada capacidad de absorción de energía. Se ha encontrado que los tableros con mayor superficie específica de malla y con mayor resistencia proporcionan una mejor resistencia al impacto. Con separaciones pequeñas del refuerzo de acero del armazón se imparte una mejor resistencia al impacto que con separaciones mas amplias.

11.2.6 F L U E N C I A .

En el ferrocemento al igual que el concreto reforzado, la deformación aumenta con el tiempo bajo carga sostenida (fluencia).

Actualmente se ha descubierto que el ferrocemento reforzado con malla de alambre sin galvanizar muestra mayor fluencia que el reforzado con malla de alambre galvanizado.

11.2.7. CONTRACCION.

La contracción propicia el desarrollo de esfuerzos estructurales que incrementan la aparición de micro y macrogrietas, y no puede tolerarse especialmente para estructuras marinas y de retención de agua o sea que la contracción es una medida de estabilidad volumétrica y muchos factores influyen en ella, tales como: - La cantidad de refuerzo, el tipo de ingredientes de la muestra, - las condiciones climáticas, el acabado de la superficie, los procedimientos de compactación y el curado.

11.2.8. OTRAS PROPIEDADES DEL FERROCEMENTO.

a) Permeabilidad. Muchos investigadores han hecho pruebas con una carga de agua de X altura a presión atmosférica y en un tiempo determinado para diferentes tipos de mallas de refuerzo - empleadas con ferrocemento, encontrando que los especímenes de - ensaye al humedecimiento y secado fueron igual, y las grietas -- son reducidas, por lo tanto el material resulto ser impermeable.

b) Durabilidad. Cuando el ferrocemento se encuentra expuesto a un ambiente agreste, al igual que las estructuras de concreto tradicional, el daño a la estructura de mortero, que es el principal recubrimiento resistente a la corrosión del refuerzo, puede ser causada ya sea por el medio ambiente al cual se encuentra expuesto el ferrocemento o por causas internas dentro del mismo mortero.

Las causas externas son: Intemperismo, abrasión, acción electrolítica, ataque de gases y líquidos naturales o industriales.

Las causas internas son: La reacción alcalina del agregado, permeabilidad del mortero y cambios volúmen debido a las diferencias en las propiedades térmicas del agregado y pasta de cemento.

c) Corrosión. En el ferrocemento el riesgo de corrosión se incrementa por la extrema delgadez del recubrimiento de mortero - sobre el refuerzo de acero.

d) Propiedades Térmicas. La humedad es uno de los factores que intervienen en el valor de la dilatación térmica encontrando dilataciones para el acero de $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$, concreto $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ y

ferrocemento 3×10^6 °C; éste coeficiente se reduce hasta 50% en humedades. Otro valor es la transmisión de calor, utilizando - la caja fría en la que no existe ningún elemento refrigerante - que abata la temperatura que permita pasar la placa de ferrocemento, no existiendo ventilación alguna.

11.3. USOS DEL FERROCEMENTO.

Anteriormente he explicado algunas de las aplicaciones que tiene el ferrocemento en los diferentes campos de la ingeniería donde se ha utilizado como material principal para construir, en contrándose; embarcaciones, silos, techumbres, etc.

11.3.1. EMBARCACIONES.

Se han construido barcos de ferrocemento en todo el mundo y es en la Ingeniería naval donde se ha desarrollado - más, debido a sus propiedades mecánicas con que cuenta y la manera en que ésta delgada cubierta de mortero de cemento muy reforzado, trabaja como material de construcción de barcos de diferentes tipos y tamaños principalmente en el Pacífico Asiático (ver tabla 5). En años anteriores se investigó que para barcos de casco de ferrocemento de menos de 10 m. no es satisfactorio por su resistencia al impacto, en cambio para mayores de 10 m. es - más adecuado. Con ferrocemento se han construido barcos no mecanizados impulsados por pértigas o remos, barcos de pesca, sampán, remolcadores, lanchas deportivas, yates de lujo, etc. (ver fotos a y b)

Tabla 5

Barcos de ferrocemento contruidos en la región del Pacífico asiático

| <i>País</i> | <i>Burcos construidos</i> | <i>Tamaño del barco m</i> | <i>Tipo de barco</i> | <i>Astilleros en los que se construyen barcos de ferro- cemento</i> |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| Bangladesh | 30** | 10-14 | Transporte pesca | 1 |
| China | 2 000 (estimado) | 12-15 | Transporte | 30 (estimado) |
| Hong Kong | 4 | 15-27 | Pesca | 1 |
| India | 9** | 5-11 | Pesca | 1 |
| Indonesia | 20** (estimado) | | Barcaza | 1 |
| Japón | 10 (estimado) | | | |
| Corea | 11 | 10-25 | Pesca | 1 |
| Malasia | 1 | | | 1 |
| Paquistán | 2 | | | |
| Filipinas | 2 | | | |
| Singapur | 3 | | Transporte de recreo | |
| Sri Lanka | 10 | 7-12 | Pesca | 1 |
| Tailandia | 30 | 5-24 | Transporte, recreo y pesca | 2 |
| Vietnam del Norte | Desconocido | | | |
| Vietnam del Sur | 50 | 7-20 | Transporte | Desconocido |
| Fidji | 11 | 10-15 | Transporte, pesca | 1 |
| Nueva Zelanda | 500 (estimado) | 8-20 | Recreo, pesca, remolcador | |
| Islas Salomón | 3 | | Pesca | |
| Samoa Occidental | 1 | | Pesca | |

* Cifras en 1974

** Cifras en 1977

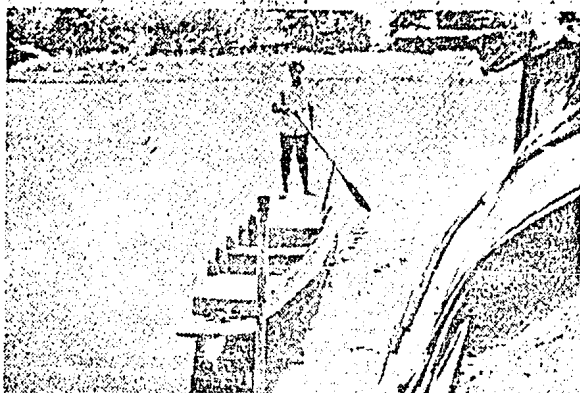


foto a.- Sampán de ferrocemento.

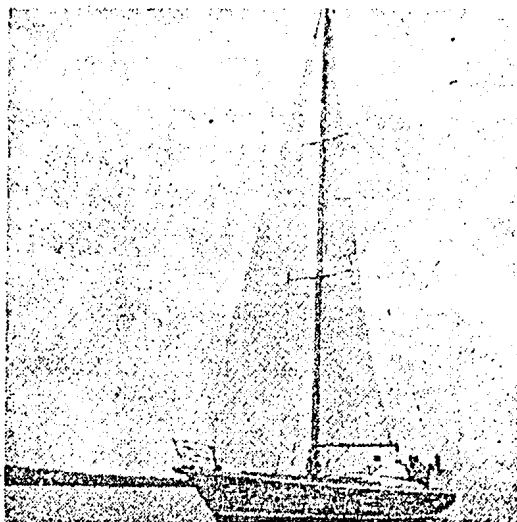


foto b.- Yate de lujo de ferrocemento.

11.3.2. SILOS. Los recientes avances en la tecnología del ferrocemento han demostrado sus ventajas indiscutibles en la construcción de silos en diferentes países, éstos requieren de poco mantenimiento y proporcionan protección contra el fuego, roedores, aves, insectos, agua e intemperie para así eliminar el oxígeno de la atmósfera interior y cambiar por dióxido de carbono - conservando los granos y semillas, lo que redituaría una mayor producción con una mejor calidad, pues éstos granos no se hecharían a perder.

Los silos pueden ser similares al "Thallo" (ver foto No. c) ó con capacidad de 100 ton. aproximadamente; pueden construirse - en fábricas o en el lugar; en sitios adversos o en áreas remotas donde aún el acceso en vehículos es imposible. El beneficio que se obtiene al construir silos con ferrocemento, es mucho mayor - que construirlos con cualquier otro material, porque no se requiere mano de obra especializada, cimbra, fácil manejo y sobretodo - el costo como el factor más importante.

111.3.3. VIVIENDA.

Hemos descrito que el ferrocemento en la vivienda se utiliza principalmente en los techos, debido a características antes descritas es moldeable para domos, bóvedas, superficies planas ó áreas de forma libre. Las techumbres de ferrocemento se han venido utilizando como un sustituto de techos de lámina, cartón paja y adobe; esto ayudaría a mejorar el nivel de vida en las zonas rurales además de que será de fácil fabricación con mano de obra local y materiales de la región, algunos tipos de obras que se construirían en éstas zonas son:

Aulas, bodegas, porquerizas, etc.

Muchos investigadores desarrollaron: El sistema de techado que consiste en un módulo ensamblado llamado Monopod en Filipinas en 1974; en la India se realizó el techo en forma de catenaria con claros que varían de 5 a 15 m. En Nueva Zelanda se hizo construcciones en forma de domos variando de 90 - 400m². La información antes descrita se tomó superficialmente porque nos interesa la zona rural en México abocada a la vivienda. En 1975 se realizó por primera vez una casa habitación de 36 m². con tableros de 2.5m. de espesor, de forma rectangular en muros y techos no anclada al piso y sin embargo ha resistido temblores sin ningún problema (ver figura d), ya para entonces en 1977 se construyeron en obra domos de ferrocemento prefabricados de 6.1 X 6.1 m. por autoconstrucción resultando adecuadas para techos, satisfactorio en su comportamiento estructural y sobre todo económicas.

Para nuestro estudio describiremos en el siguiente capítulo el tipo de techumbre que vamos a necesitar por su economía y de más características.

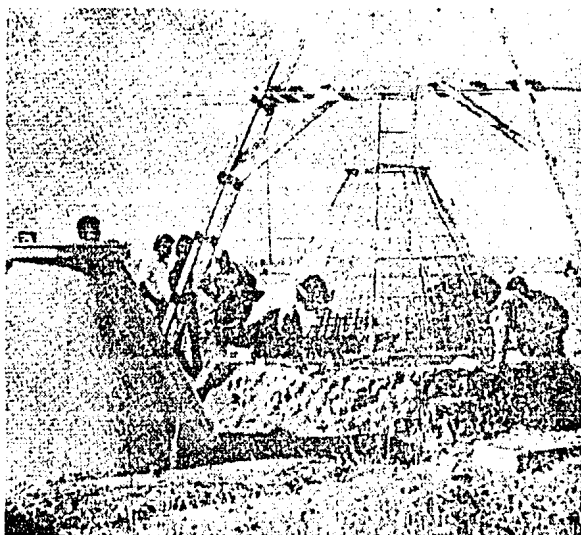


foto c.- Silo de ferrocemento (Thailo).

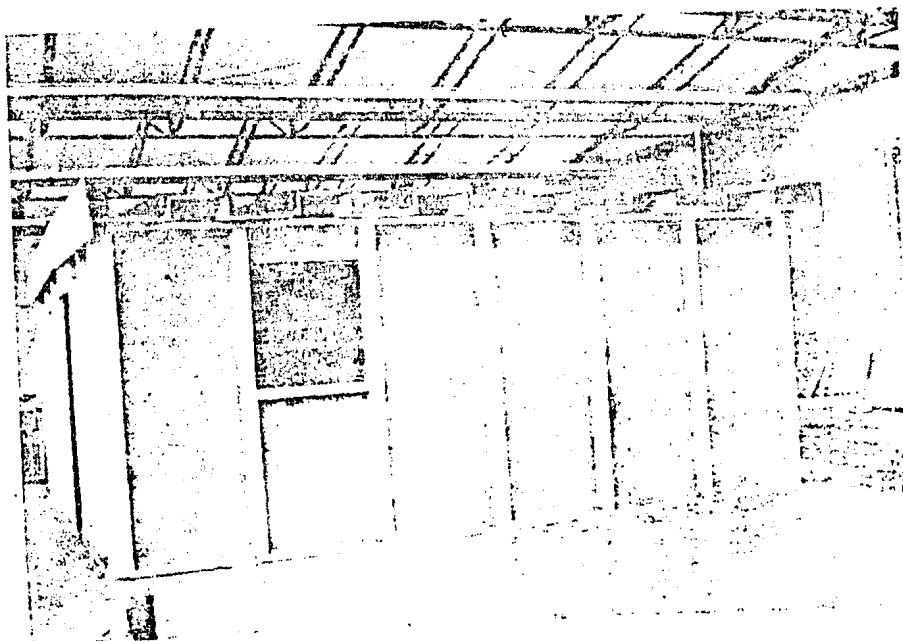


foto d.- Primera casa habitación fabricada con ferrocemento en México.

III.- USO DEL FERROCEMENTO EN LA VIVIENDA RURAL.

En éste capítulo se propone como vivienda rural una casa-habitación -- (ver planos #1,2,3y4) en la cual se desarrollará el proceso constructivo utilizando ferrocemento que, como ya hemos dicho es un material excelente para la construcción de viviendas, principalmente para los techos, debido a su -- costo relativamente bajo, a su durabilidad y a su resistencia a la intempe-- rre. En este proyecto unicamente se usará una losa de ferrocemento conocida como placas plegadas entre varias alternativas con que cuenta, eligiendose -- primeramente por su economía y porque su construcción es más sencilla; tam-- bién hemos dicho que se ha usado ferrocemento en muros, pisos, etc; pero --- éstos materiales todavía se encuentran en una etapa de investigación, encon-- trando inconveniente llevarlos a cabo, en este caso los muros serán de tabi-- que rojo recocado aparentes, pisos de concreto, traveses y castillos de con-- creto etc; los cuales serán descritos mas adelante.

Por otro lado en el plano arquitectónico tenemos claros de 3.80 X 3.80 tomándose un claro como base para el estudio referente a la vivienda rural.

III.1.- CRITERIOS DE DISEÑO.

Como no existen normas de diseño para el ferrocemento en losas para ase-- gurar un buen comportamiento en condiciones de servicio y seguridad adecuada contra la falla, se impusieron los siguientes requisitos investigados por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. y que serán adaptados a la vivienda -- rural.

a) Las deflexiones bajo cargas de servicio (CV + CM) incluyendo los efec-- tos a largo plazo, no debe exceder de: $0.5 + \frac{L}{240}$ donde L=380 cm.

Límite admitido por el reglamento de construcciones para el Distrito Federal.

La deflexión se calculó suponiendo el momento de inercia de la sección bruta y $E=100,000 \text{ kg/cm}^2$, valor propuesto para elementos de ferrocemento en flexión.

Las deflexiones se calcularon para la CM+CV de 60 kg/m^2 , que es la especificada para techos con pendiente entre 5 y 20%

b) El ancho de grietas en el ferrocemento bajo cargas de servicio no debe exceder de 0.2 mm. a fin de evitar problemas de filtración.

Para cumplir esta condición se debe limitar el esfuerzo de tensión en el material a:

$$F_t = 11+12 \quad S_L = 25 \text{ kg/cm}^2.$$

donde: S_L es la superficie específica del refuerzo descrita en el capítulo anterior como:

$$S_L = \frac{0.94 n_1 + 0.49 n_2}{T}$$

donde: N_1 =No. capas orientadas en dirección longitudinal

N_2 =No. capas orientadas en dirección transversal

T = Espesor del mortero.

c) Los elementos deben tener capacidad para soportar una carga igual a 1.4 veces la de servicio, sin fallar o mostrar daños irreversibles.

La resistencia en flexión se calculó considerando el trabajo compuesto -- del ferrocemento y de las barras de refuerzo, siendo los esfuerzos resistentes en compresión:

$$F_{cn} = 380 + 21 S_L + 7.5 S_L^2 \approx 350 \text{ kg/cm}^2$$

en tensión:

$$F_{zn} = 18 + 32 S_L \approx 25 \text{ kg/cm}^2$$

Ambos esfuerzos se calcularon sobre la sección bruta del mortero.

Una vez determinada la profundidad del eje neutro (calculada por tanteos) se calcula el momento resistente último al tomar momentos de las fuerzas resultantes.

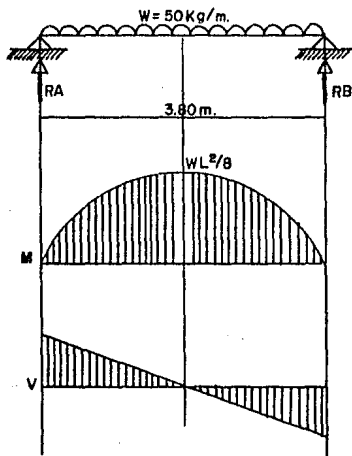
III.2.- DISEÑO DE LAS PLACAS PLEGADAS.

De acuerdo a las especificaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. y en base a los recursos materiales con que se puede contar, todo esto encaminado a mejorar la vivienda rural a un costo muy bajo se plantea el diseño de las placas plegadas en el que se tomará como base un claro de 3.80 m. de acuerdo al plano anterior (ver plano A-2).

Peso propio 40 kg/m² = 20 kg/m.

Carga viva 60 kg/m². = 30 kg/m.

Carga uniforme de servicio = 50 kg/m.



$$R_a = R_b = \frac{Wl}{2} = \frac{50 (3.80)}{2} = 95 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{WL^2}{8} = \frac{50 (3.80)^2}{8} = 90.25 \text{ kg.}$$

$$V_x = W \left(\frac{L}{2} - x \right) = 50 \left(\frac{3.80}{2} - 0 \right)$$

$$V_x = 95 \text{ kg.}$$

$$F_t \text{ máx} = 18 + 32 \text{ SL}$$

$$S1 = \frac{0.94 n1 + 0.49 n2}{t}$$

$$S1 = \frac{0.94(1) + 0.49(1)}{1} = 1.43$$

Momento resistente

$$M_u = F_{t\max} \times A_t \times Z = (18+32 (1.43)) \times 50 \times 10 = 319 \text{ kg.m.}$$

Deflexión bajo cargas de servicio

$$A = \frac{5}{384} \times \frac{W L^4}{E I}$$

$$A = \frac{5 \times 0.50 \times 380^4}{384 \times 100000 \times 2500} = 0.54 \text{ cm.}$$

Deflexión admisible

$$A_a = 0.5 + \frac{L}{240} \quad L = 380 \text{ cm.}$$

$$A_a = 0.5 + \frac{380}{240} = 2.08 \text{ cm.}$$

III.3.- MATERIALES UTILIZADOS.

El mortero se basó principalmente en la dosificación adecuada de:

cemento 1 kg.

arena (pasa malla no. 4) 175 kg.

agua 0.44 a 0.56 l.

El agua depende del grado de humedad de la arena, su resistencia a la compresión es mayor de 300 kg/cm². las mallas se eligieron principalmente por razones económicas, utilizándose la de metal desplegado tipo E-10-22 de 1 kg/m². con las cuales se ha demostrado propiedades aceptables en elementos de ferro--cemento. Las mallas de metal desplegado tienen un área neta de acero muy superior en la dirección del rollo que en la dirección transversal de éste.

Para el calibre elegido, el área de acero en dirección longitudinal es -- 1.67 cm²/m. y en dirección transversal 0.42 cm²/m. La resistencia en tensión de una malla ahogada en el mortero resultó en promedio 2500 kg/cm² para la dirección longitudinal y para la transversal 2300 kg/cm². pero para el diseño se tomó un esfuerzo resistente de 2200 kg/cm² en ambas direcciones.

Para el refuerzo de elementos compuestos de ferrocemento y concreto se emplearan barras de alta resistencia ($6000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$) eligiéndose del tipo TEC 60 y de pequeño diámetro de 0.63 cm. y 0.95 cm ($1/4''$ y $3/8''$ respectivamente).

III.4. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA RURAL.

Hemos propuesto un proyecto en el cual se desarrollará una casa-habitación y que tendrá como alternativa el uso del ferrocemento (unicamente en losas) con las siguientes características:

III.4a.) Cimentación. Mampostería de 3a. clase con proporción de 1:5 cemento cal - arena y de sección; de base 0.80 m. altura 0.70 m. y 0.20 de corona.

III.4b) Cadena de desplante. Serán de sección cuadrada de 0.15X0.15 m. armada con 4 Vars. del no. 3 y estribos del no. 2 a cada 20 cms. de $F_y=2320 \text{ kg/cm}^2$. con un concreto de $F_c=150 \text{ kg/cm}^2$.

III.4c) Impermeabilización. Se usarán bolsas ó plástico en toda la longitud de la cadena de desplante con una capa de chapopote.

III.4d) Muros. Se levantarán muros de tabique rojo recocido aparente de dimensiones 7X14X28 cm.

III.4f) Cadena de cerramiento. Serán de sección cuadrada 0.15X0.15 m. en la parte perimetral y en la parte de la cumbrera llevará una viga madrina de: 0.15X0.20 m. la cual se dejará al armado y después que sea colocada la losa de ferrocemento (placas plegadas) queden ahogados los alambres de las mallas que aparecen en sentido longitudinal de las placas plegadas.

III.4g) Piso. Como se considerarán pisos de tierra, éstos se nivelarán y compactarán al 90%, colocándose posteriormente un piso de concreto de 10 cm. de espesor con una resistencia de $F'_c=100 \text{ kg/cm}^2$ y acabado escobillado.

III.4h) Losa de ferrocemento. (placas plegadas)

III.4h.1) Moldes. Con objeto de minimizar la influencia económica de los moldes sobre el costo de las piezas, éstas se desarrollarán en tierra recubierta con mortero pobre de cemento; para evitar variaciones dimensionales y deterioros por uso e intemperismo, el acabado del recubrimiento será pulido.

Para la construcción de moldes se emplearán tarrajas de madera montadas sobre marcos que las rigidizan y permitan su deslizamiento al apoyarse sobre guías longitudinales. Con lo anterior será posible perfilar la sección de los elementos fácilmente.

Una vez fraguada la capa de mortero, se colocarán reglas de madera para controlar el grueso de la sección de los elementos.

III.4h.2.) Armado, Colado y Curado. Antes de armar y colar es necesario impregnar los moldes con aceite que se aplica como pintura varias veces hasta que ya no lo absorba la superficie del molde. (ver foto e)

Todos los elementos de ferrocemento requieren refuerzos en 2 direcciones ortogonales (perpendiculares a 90°). Para el refuerzo en la dirección del rollo de metal desplegado se cortaran tramos de 3.80 mts. y de ancho necesario según el desarrollo de la sección del elemento por armar, lo anterior dejaría a los alambres de la malla en el sentido perpendicular al eje longitudinal de la pieza; otra forma de corte será en tramos de 92 cm. de largo que es el ancho estándar del rollo de malla, por el ancho necesario para cada pieza, por lo que los alambres de la malla quedan paralelos al eje longitudinal de los elementos de techo. (ver foto f)

En éste tipo de malla en especial, es fácil que se produzcan bolsas que por la rigidez de la misma son difíciles de eliminar sólo por el peso del mortero; para reducirlas sin necesidad de amarres, sobre el molde se colocarán

primero los tramos de 92 cm. traslapándolos 5 cm. posteriormente, sobre éstos se colocará el tramo de 3,80 m. a éste último se le presionará contra el molde por medio de tiras de madera, que además de fijar el armado servirá para el control de espesores. Antes de la colocación del mortero se vertirá un poco de lechada, para facilitar el escurrimiento de la mezcla a través de las mallas y garantizar un acabado pulido de la cara de la pieza que queda en contacto con el molde. La operación de colado se realizará con ayuda de la tarraja usada en la fabricación del molde que al apoyarse sobre las tiras de madera, para sujetar el armado a lo largo del molde y al deslizarse, permitirá controlar el espesor de mortero de la pieza y además perfilar la sección. Después de correr la tarraja, la superficie se terminará con llana metálica, con lo que se logró buen acabado. (ver foto g,h,i)

Todos los elementos se descimbrarán 24 hrs. después del colado y se deberán curar en el lugar donde se estibarán, regando agua a intervalos durante 2 días dejándose expuestos al ambiente.

III.4h.3.) Montaje y Juntas. En el desarrollo del sistema constructivo empleando placas plegadas se procurará que sea sencillo el manejo y montaje de piezas. Para levantar y colocar sobre los muros los elementos de techo se requieren 2 personas que deberán cuidar el espaciamiento entre piezas y su posición a nivel. El montaje se hará sobre la cadena de cerramiento en todo su perímetro y en la parte interior sobre la viga madrina. (ver foto j)

Las juntas se harán aplicando una capa de mortero-cemento-arena por la parte interior y sobre la cumbrera quedarán ahogados los alambres de las mallas para la operación de colado (ver plano A-3). El ancho de las juntas será en todo los casos 4 cm. y el sello de la junta se realizará 24 hrs. después de la operación antes descrita.

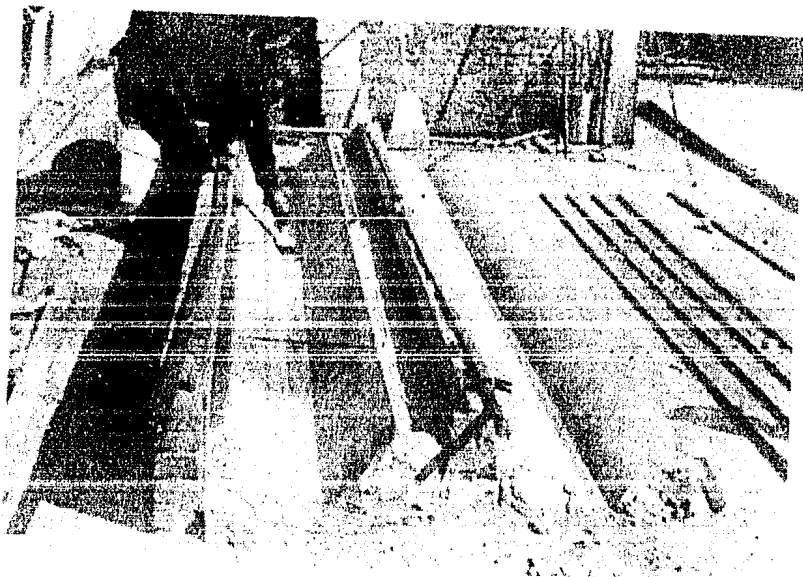


FOTO E.- Se puede apreciar como se impregnará de aceite el molde hasta que ya no lo absorba la superficie de éste.



FOTO F.- Podemos observar como se colocará la malla de metal desplegado en tramos de 3.80 m. y en las direcciones longitudinal y transversal. También se puede apreciar con la flecha indicada las guías longitudinales, sobre el molde.

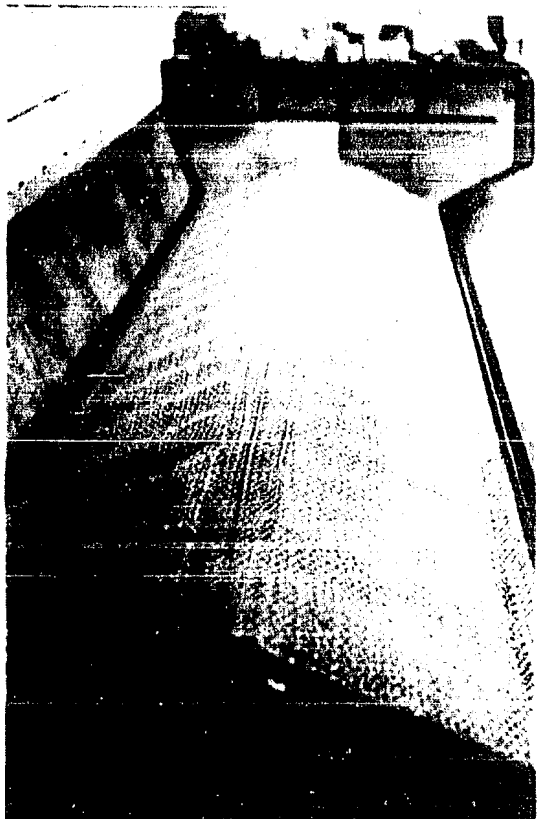


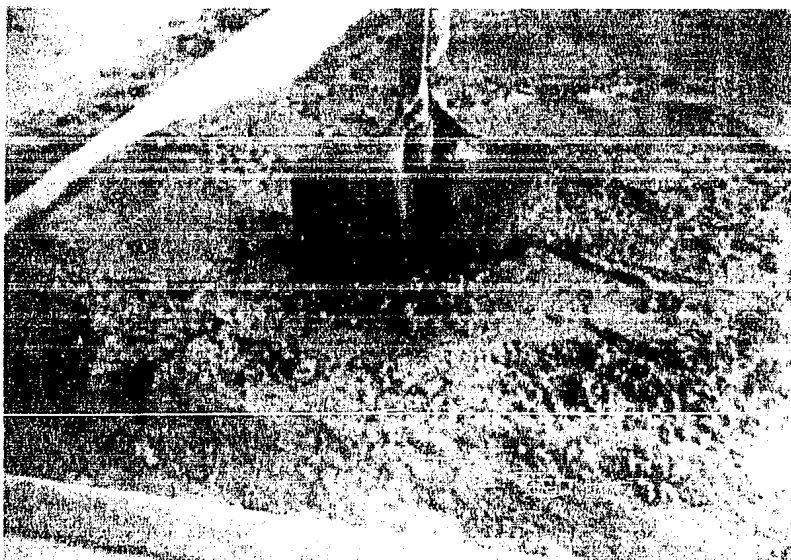
FOTO G.- Se puede apreciar como quedará lista la malla de metal desplegado para la colocación del mortero.



FOTO H.- En esta fotografía podemos observar como se colo
cará el mortero sobre la malla de metal desplega
do.



FOTO 1. En ambas fotografías podemos observar la herramienta que se usará en la vivienda rural y en la operación de colado, no considerada en los análisis de precios unitarios.



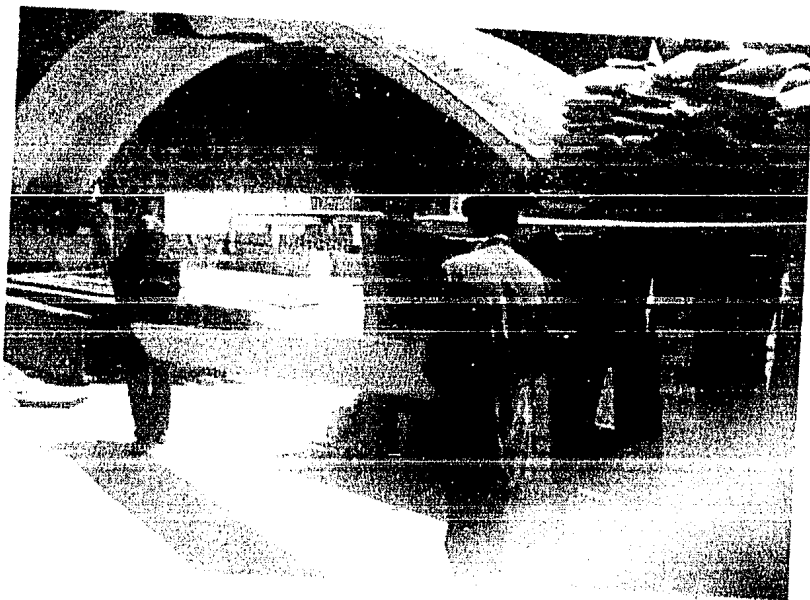
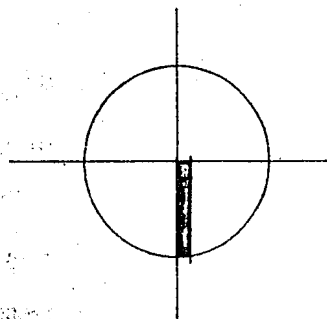
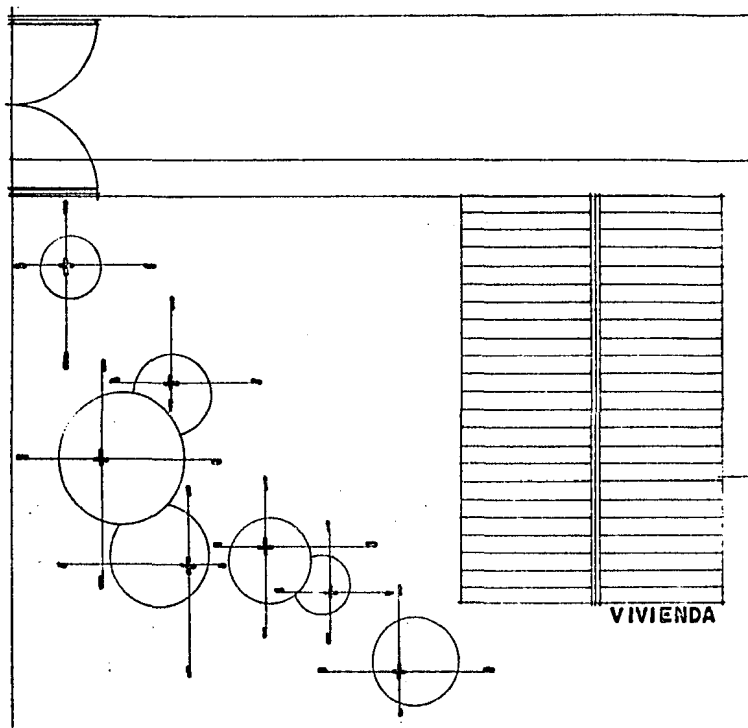
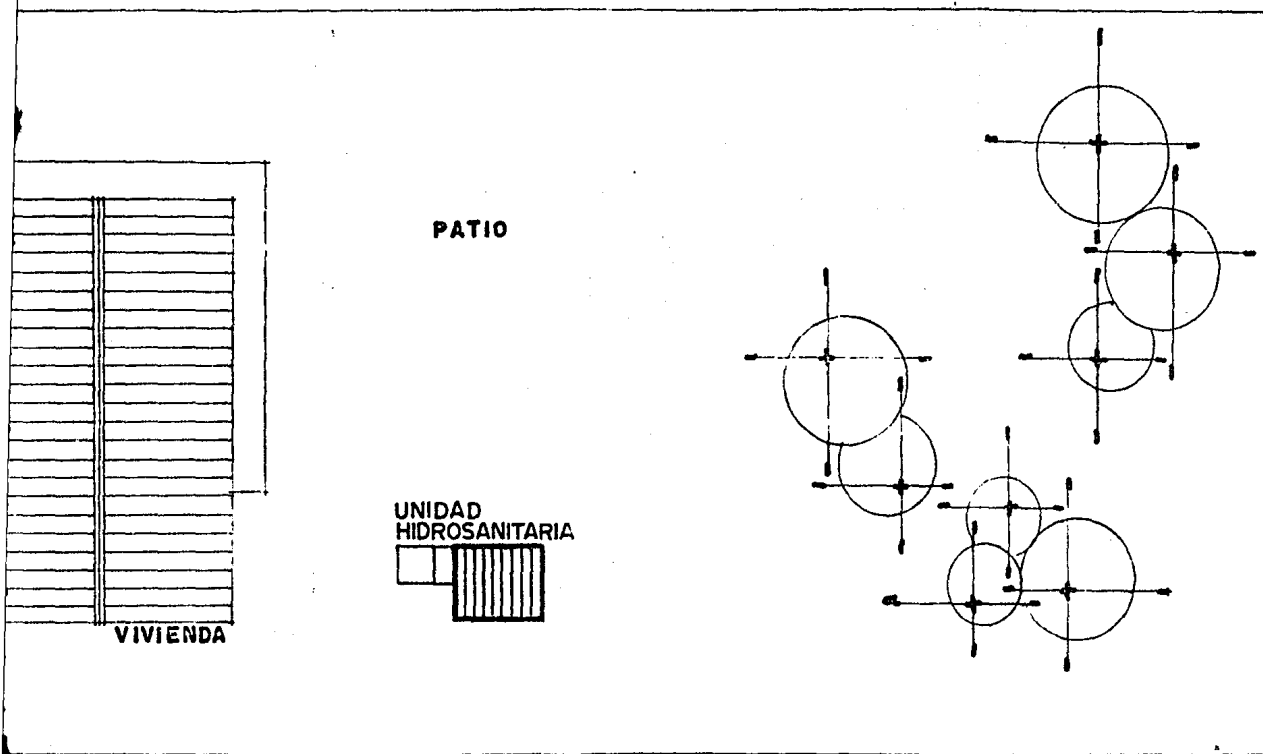


FOTO J.- Podemos apreciar como se necesitarán dos perso
nas para la colocación y montaje de las placas
plegadas que cuiden el espaciamento y la posi
ción de las piezas.

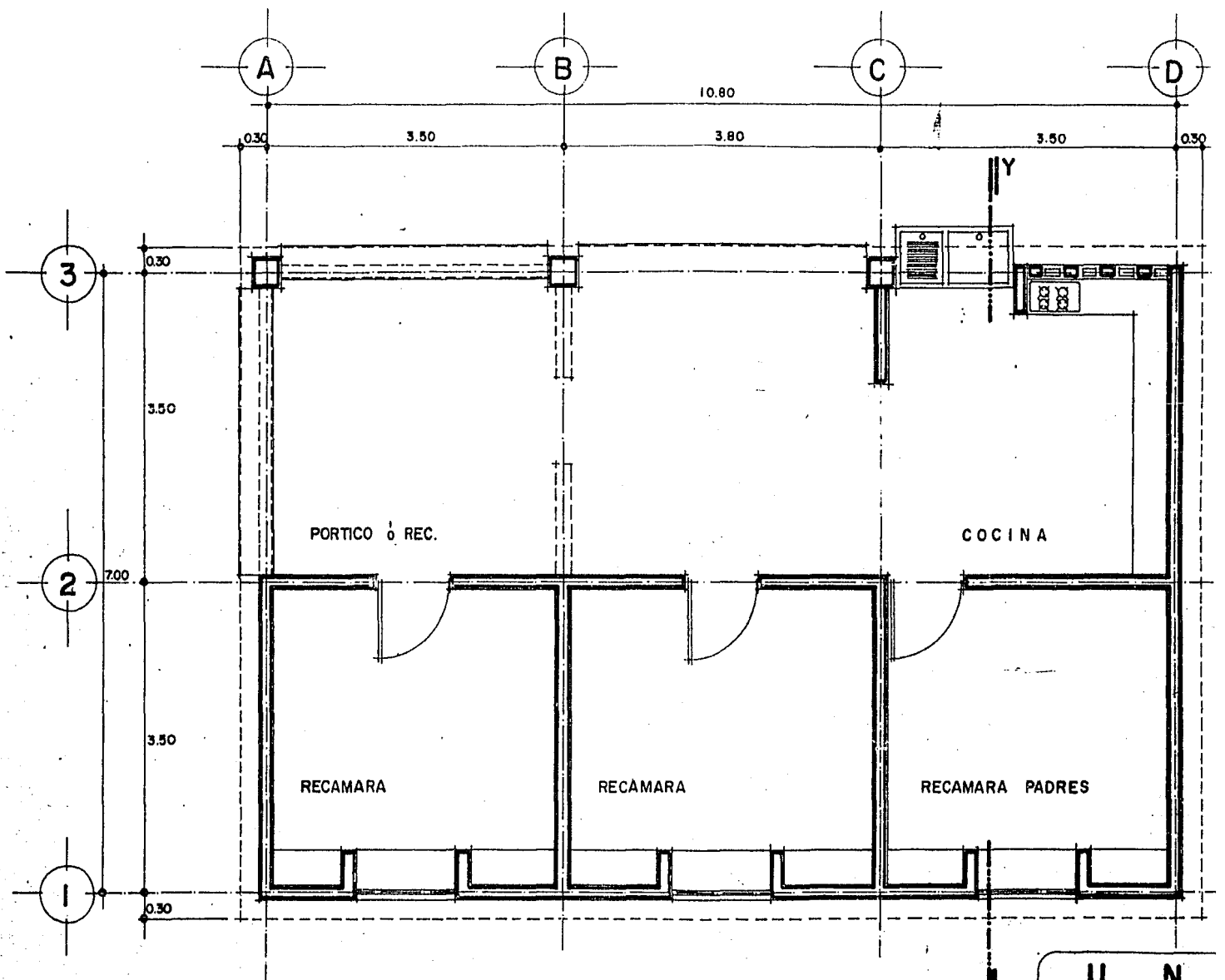
ACCESO



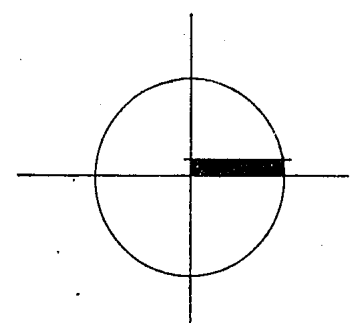
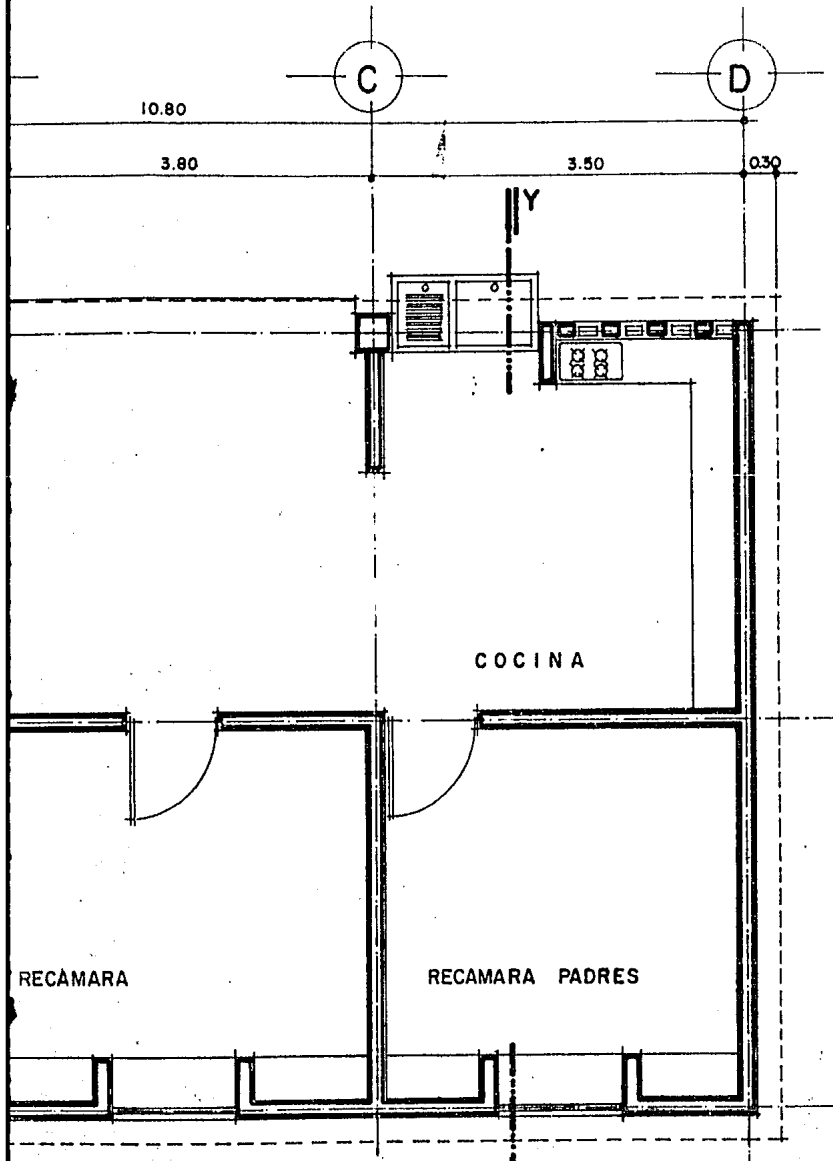
| |
|-----------------------------|
| U N |
| FAC. DE |
| TITULO PLANTA CONJUNT |
| NOMBRE EUSEBIO |
| Nº DE CUENTA 7866639-7 |



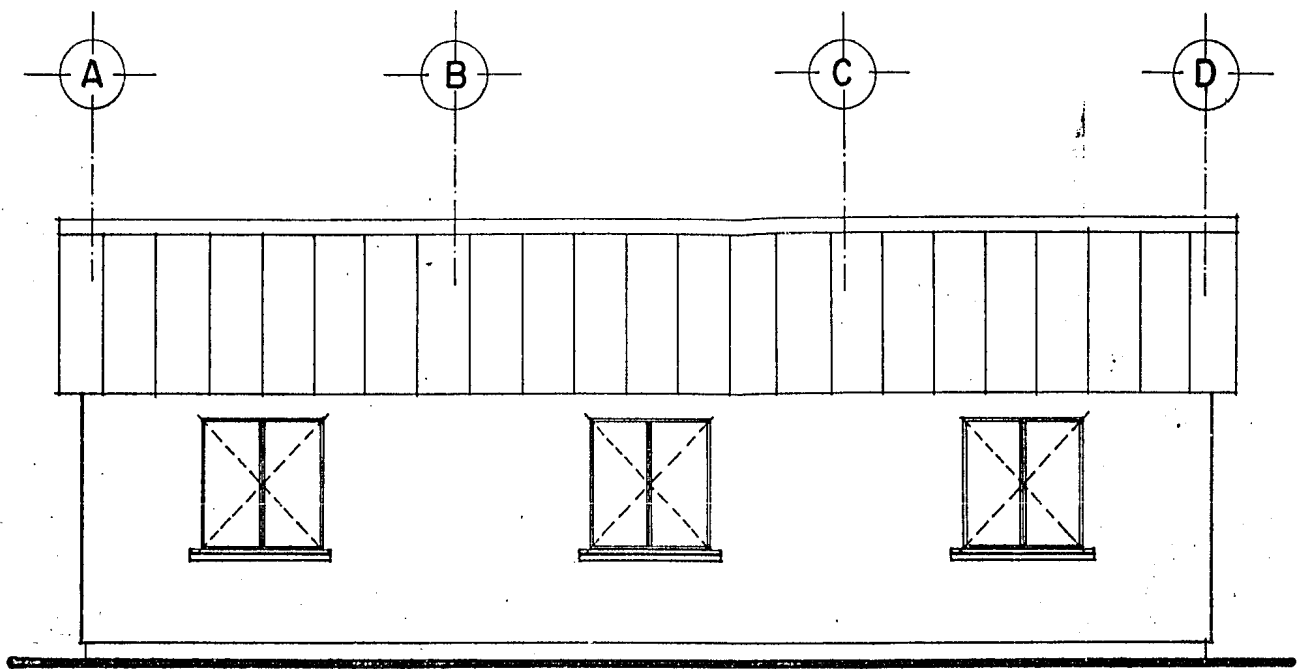
| | | | |
|-----------------------------------|--------------|---------------------|------------|
| U N A M | | | |
| FAC. DE INGENIERIA | | | |
| TITULO | | | |
| PLANTA DE CONJUNTO | | | |
| NOMBRE | | | Nº PLANO |
| EUSEBIO I. HERNANDEZ LOPEZ | | | |
| Nº DE CUENTA | ESCALA | FECHA | A-1 |
| 7866639-7 | 1:125 | 28-NOV.-1985 | |



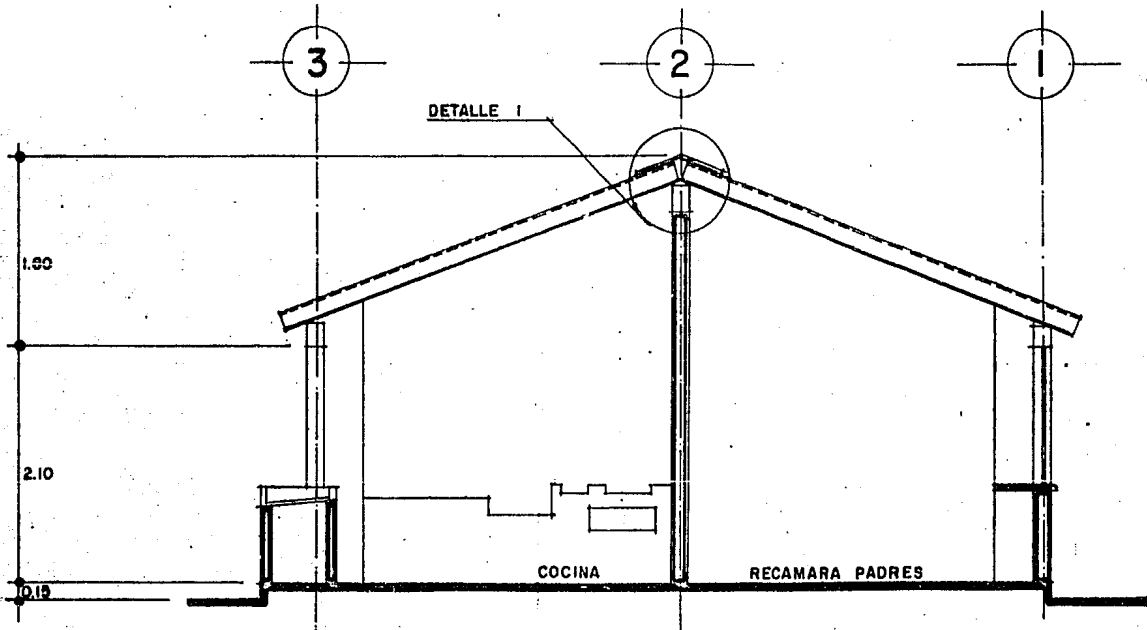
| | |
|--------------|--|
| U N | |
| FAC. DE | |
| TITULO | |
| PLANTA | |
| ARQUITEC | |
| NOMBRE | |
| EUSEBIO I. | |
| Nº DE CUENTA | |
| 7868639-7 | |
| ES. | |



| | | | |
|-----------------------------------|--------|--------------|------------|
| U N A M | | | |
| FAC. DE INGENIERIA | | | |
| TITULO | | | |
| PLANTA ARQUITECTONICA | | | |
| NOMBRE | | | Nº PLANO |
| EUSEBIO I. HERNANDEZ LOPEZ | | | |
| Nº DE CUENTA | ESCALA | FECHA | A-2 |
| 7866639-7 | 1:50 | 28-NOV.-1965 | |

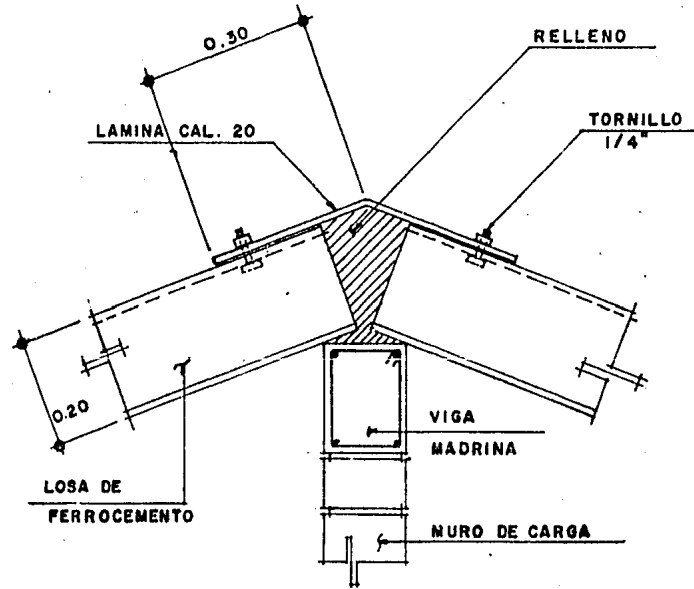
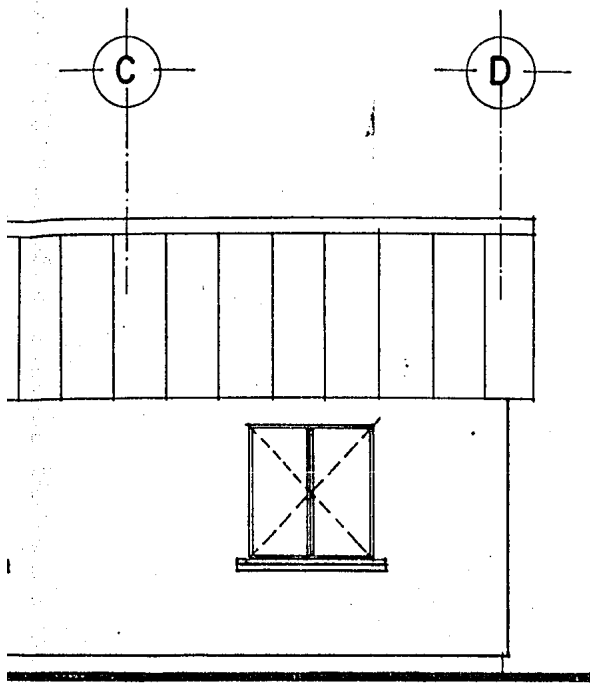


FACHADA PRINCIPAL

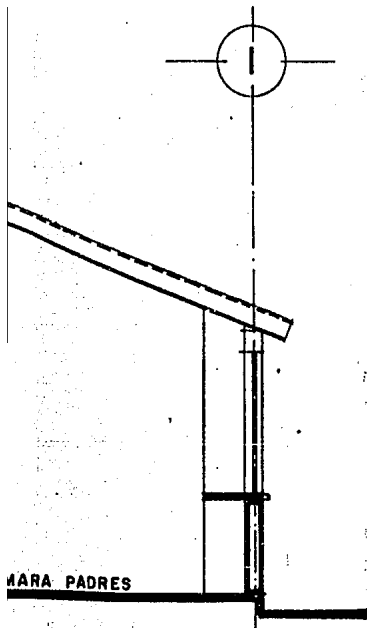


CORTE Y-Y'

| |
|--------------|
| U |
| FA |
| TITULO |
| FA |
| COR |
| NOMBRE |
| EUS |
| Nº DE CUENTA |
| 7866 |

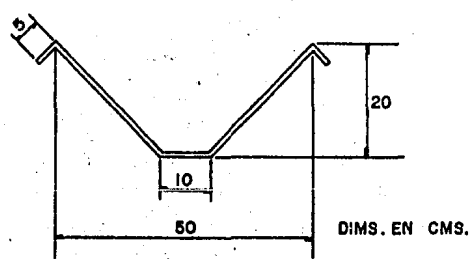
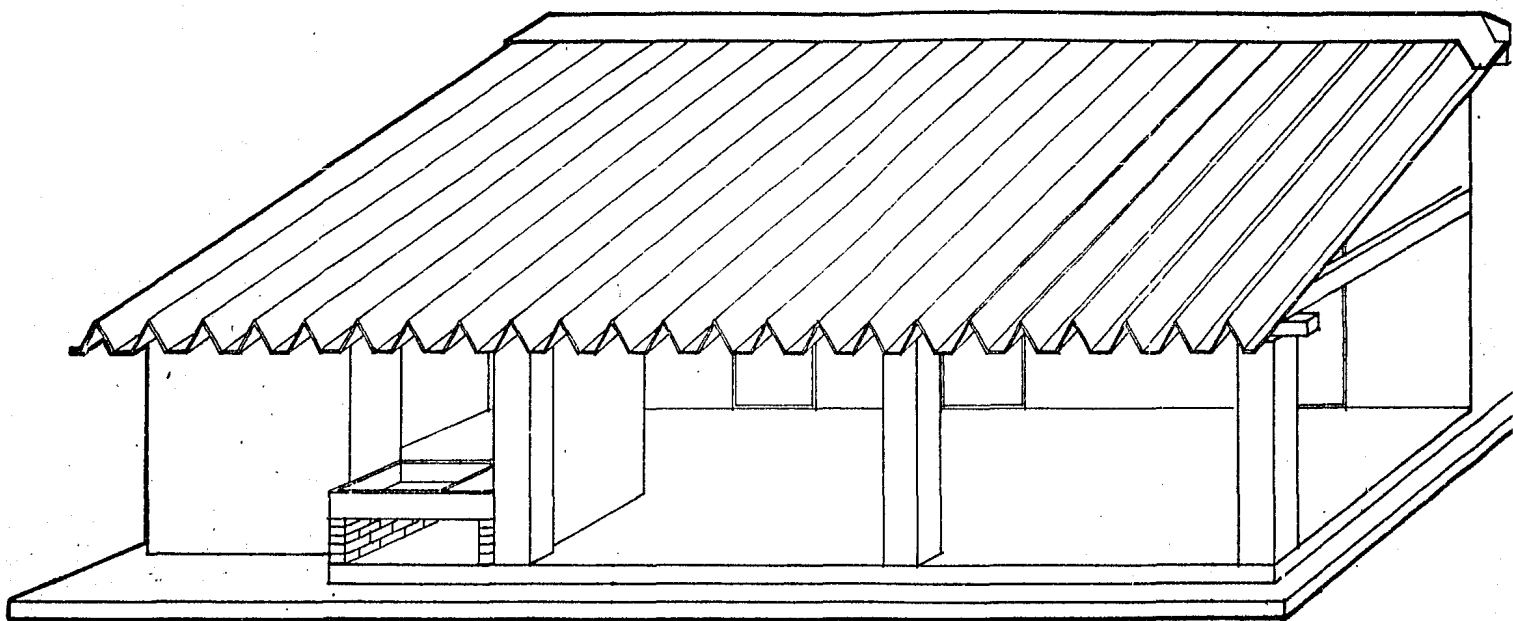


DETALLE I



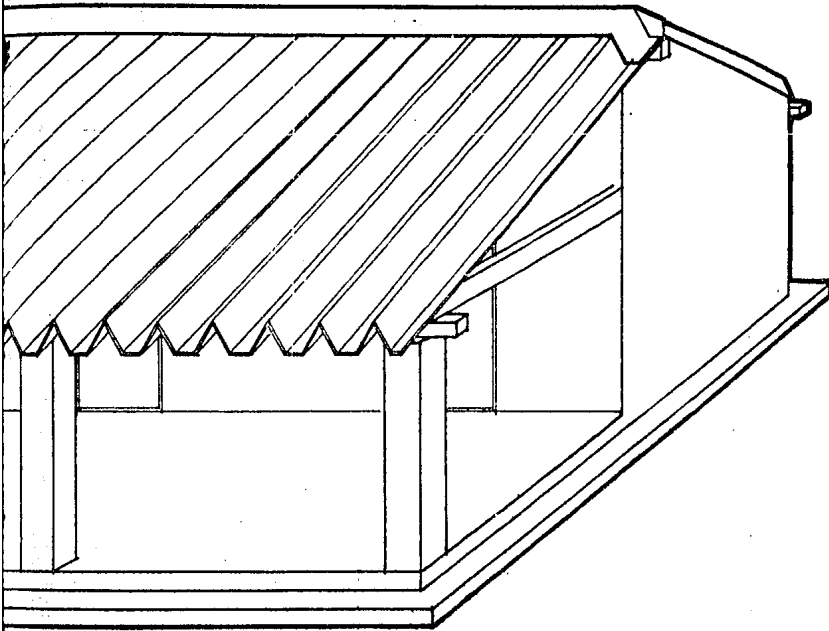
MARA PADRES

| | | | |
|---|--------|--------------|------------|
| U N A M | | | |
| FAC. DE INGENIERIA | | | |
| TITULO | | | |
| FACHADA PRINCIPAL CORTE Y-Y' Y DETALLE I | | | |
| NOMBRE | | | Nº PLANO |
| EUSEBIO I. HERNANDEZ LOPEZ | | | |
| Nº DE CUENTA | ESCALA | FECHA | A-3 |
| 786639-7 | 1:50 | 28-NOV.-1985 | |



DIMENSIONES DE LA PLACA
DE FERROCEMENTO DE 1 CM.
DE ESPESOR.

| |
|-----------------------|
| U |
| FAC. |
| TITULO |
| PERS PLAC. |
| NOMBRE |
| EUSEB |
| Nº DE CUENTA |
| 7868639 |



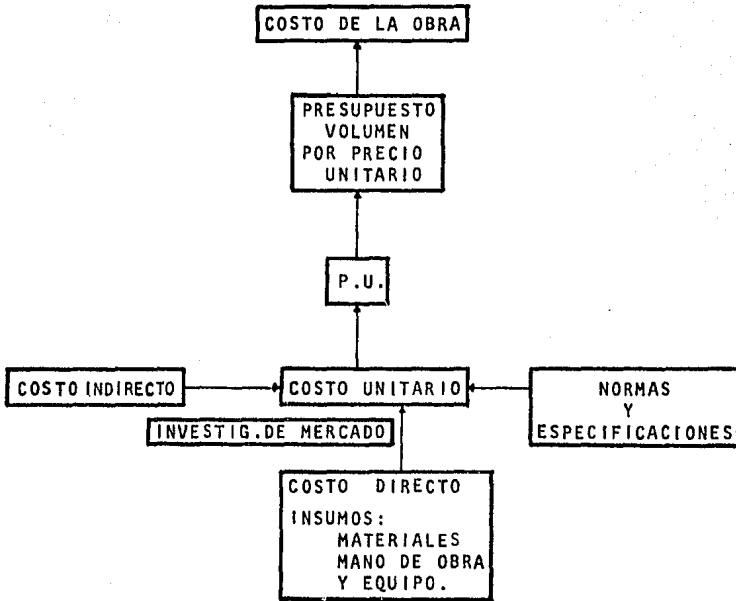
| | | | |
|--|------------|---------------------|------------|
| U N A M | | | |
| FAC. DE INGENIERIA | | | |
| TITULO | | | |
| PERSPECTIVA Y DETALLE DE PLACA DE FERROCEMENTO. | | | |
| NOMBRE | | | Nº PLANO |
| EUSEBIO I. HERNANDEZ LOPEZ | | | |
| Nº DE CUENTA | ESCALA | FECHA | |
| 7866639-7 | SIN | 28-NOV.-1985 | A-4 |

IV . COMPARACION ECONOMICA DE SU EMPLEO CON OTROS MATERIALES.

El objeto de este capítulo, es el de ofrecer un análisis económico en la cual se visualice de manera primordial, el costo de diferentes techumbres a base de: Losa de ferrocemento (como pueden ser: Placas plegadas, losas tipo emparedado, bóvedas cilíndricas, semiviguetas con --placas de ferrocemento etc.), Losa de concreto y losa de vigueta y bovedilla.

En la losa de ferrocemento se tomó las placas plegadas por ser mas sencilla de acuerdo al cálculo y proceso constructivo del capítulo III; y a los materiales existentes en el mercado de las zonas rurales.

De acuerdo a la vivienda rural expuesta como proyecto fijo, se obtendrán los volúmenes para la cimentación y estructura considerando a la losa por separado. Antes de analizar los precios unitarios definiremos como los vamos a obtener y para lo cual nos podemos apoyar en el siguiente diagrama.



Trataremos de deducir el precio mediante los pasos siguientes:

1o. Primeramente se debe hacer una investigación de mercado para ver si podemos contar con los insumos necesarios para la construcción de la vivienda rural, dentro de éste paso analizaremos:

1o. a) Materiales. En el capítulo III, hemos hablado que se usaran materiales de la región y sobretodo que esten al alcance económico de los campesinos.

1o. b) Mano de obra. Esta no se tomará en cuenta por el solo hecho que en la zona rural se autoconstruye aprovechando la mano de obra campesina no especializada, solamente se necesita una supervisión de especialistas como pueden ser: Ingeniero civil, Ingeniero municipal, Arquitecto, etc.

Considero que esta asesoría debe hacerse como servicio social de estudiantes o profesionistas en estas ramas.

1o. c) Equipo. Para la vivienda rural no se requiere de ningún equipo especial, unicamente se usará herramienta (pala manual, salpapico, etc.) que no se considera como un equipo.

2o. Anteriormente he explicado que no se cuenta con normas y especificaciones para construir con ferrocemento, pero el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. ha desarrollado investigaciones concretas las cuales se tomaron como base para construir el tipo de losa que vamos a analizar.

3o. El costo indirecto no se tomará en cuenta, porque sabemos que dentro de éstos entran los gastos técnicos adminis--

trativos así como la restricción de tiempo, pagos, etc. y - además en la zona rural no será necesario porque los propios campesinos autoconstruyen.

Con todos éstos conceptos se integrará un precio. Otro dato que necesitamos conocer son los volúmenes de obra, para ésto llevaremos a cabo una cuantificación (ver forma no. 1) - de los planos mencionados anteriormente.

En base a los conceptos de obra, podemos conocer los insumos que intervienen en la vivienda propuesta, haciendo una investigación de mercado, para nuestro caso determinaremos - los precios de compra a enero de 1986 en el Distrito Federal, dado que éstos precios sólo se dan como ejemplo. Se harán -- análisis de precios unitarios para lo cual consideraremos los materiales que no sean propiedad del autoconstructor.

Considerando materiales propiedad del autoconstructor a todos aquéllos que se encuentran disponibles en su predio -- como son: Piedra braza, agua y herramienta.

IV.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

| | |
|-----------------|-------------|
| C O N C E P T O | U N I D A D |
|-----------------|-------------|

| | |
|---|-----|
| Mampostería de piedra braza de 3a. Junteado con mortero cemento arena en proporción 1:5 | M3. |
|---|-----|

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNIT. | IMPORTE |
|------------------|--------|---|---|--------------|
| Piedra braza | M3. | No se tomará en cuenta, ya que se considera que existe en el lugar. | | |
| Mortero: Cemento | Ton. | 0.079 | 25,500 | 2,014.50 |
| Arena | M3. | 0.382 | 3,500 | 1,337.00 |
| Agua | M3. | 0.109 | No se considera, porque se supone que se encuentra en la localidad. | |
| T O T A L: | | | | 3,351.50/M3. |
| | | | | ===== |

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

| C O N C E P T O | U N I D A D |
|---|------------------|
| Plantilla de concreto de f'c=100 kg/cm ² , de 5 cm. de espesor. | M ² . |

M A T E R I A L E S

| C O N C E P T O | U N I D A D | C A N T I D A D | C O S T O U N I T A R I O | I M P O R T E |
|-----------------|-------------|-----------------|------------------------------|---------------|
|-----------------|-------------|-----------------|------------------------------|---------------|

| | | | | |
|---------|------------------|-------|--------|----------|
| Cemento | Ton. | 0.074 | 25,500 | 1,887.00 |
| Arena | M ³ . | 0.027 | 3,500 | 94.50 |
| Grava | M ³ . | 0.036 | 3,500 | 126.00 |
| Agua | | | | |

T O T A L : 2,107.50
= = = = =

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Cadena de cimentación de 0.15X0.15 M.
armada con 4 varillas del no. 3 y E#2.
a cada 25 cms. concreto de $f'c=150$
kg./cm².

ML.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO | IMPORTE |
|-----------------------------|--------|----------|-----------|---------|
| Acero #3 | Kg | 2.422 | 148.00 | 358.46 |
| Acero #2 | Kg. | 0.806 | 185.00 | 149.11 |
| Alambre recocido#18 | Kg. | 0.203 | 200.00 | 40.60 |
| Cimbra:barrote de 2"X 4" | PT. | 1.093 | 161.00 | 175.97 |
| duela 1.5X2" | PT. | 0.369 | 161.00 | 59.41 |
| clavo | Kg. | 0.019 | 225.00 | 4.28 |
| diesel | LTS. | 0.320 | 60.00 | 19.20 |
| Cemento | Ton. | 0.008 | 25,500.00 | 204.00 |
| Arena | M3. | 0.012 | 3,500.00 | 42.00 |
| Grava | M3. | 0.017 | 3,500.00 | 59.50 |

T O T A L : 1,112.53

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Impermeabilización de cimentación
con bolsas o plástico y una capa
de chapopote.

ML.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO. | IMPORTE |
|-----------------|--------|----------|--------------------|---------|
|-----------------|--------|----------|--------------------|---------|

No se considerará el análisis de precios unitarios debido a que se usará en la zona rural las bolsas del cemento, mortero o plástico. Únicamente se comprará el chapopote.

| | | | | |
|-----------|-----|------|-------|-------|
| Chapopote | Kg. | 0,40 | 67.00 | 26.80 |
|-----------|-----|------|-------|-------|

T O T A L: = 26.80 =

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Muro de tabique rojo recocido
7X14X28 CM. junteado con mor-
tero arena 1:5

M2.

M A T E R I A L E S

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|-----------------|--------|----------|-------------------|----------|
| Tabique | Pza. | 60 | 26.00 | 1,560.00 |
| Mortero:Cemento | Ton. | 0.008 | 25,500.00 | 204.00 |
| Arena | M3. | 0.039 | 3,500.00 | 136.50 |
| Agua | M3. | | | |

T O T A L : 1,900.50
- - - - -

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

| C O N C E P T O | U N I D A D |
|--|-------------|
| Celosfa de tablique rojo recocido 7X14X28 cms. juntoado con mortero arena 1:5 | M2. |

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | U N I D A D | C A N T I D A D | C O S T O U N I T A R I O . | I M P O R T E |
|---------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| Celosfa de tablique | Pza. | 42.00 | 26.00 | 1,092.00 |
| Mortero:Cemento | Ton. | 0.008 | 25,500 | 204.00 |
| Arena | M3. | 0.039 | 3,500 | 136.50 |
| Agua | M3. | | | |

T O T A L : 1,432.50

■ ■ ■ ■ ■

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Dala sobre muro 15X15 cms. armada con
4 vars. #3 y E#2 a cada 25 cms. concre
to de f'c=200 kg./cm2.

ML.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO. | IMPORTE |
|----------------------|--------|----------|--------------------|---------|
| Acero:#3 | Kg. | 2.422 | 148.00 | 358.46 |
| Acero:#2 | Kg. | 0.806 | 185.00 | 149.11 |
| Alambre resocado #18 | Kg. | 0.203 | 200.00 | 40.60 |
| Cimbra:Barrota 2X4" | PT. | 1.093 | 161.00 | 175.97 |
| Duala 1.5X2" | PT. | 0.369 | 161.00 | 59.41 |
| Concreto:Cemento | Ton. | 0.008 | 25,500.00 | 204.00 |
| Arena | M3. | 0.012 | 3,500.00 | 42.00 |
| Grava | M3. | 0.016 | 3,500.00 | 56.00 |
| Clavo | Kg. | 0.019 | 255.00 | 4.28 |
| Diesel | Lt. | 0.320 | 60.00 | 19.20 |

T O T A L : 1,109.03

" " " " "

NOTA: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Dala sobre muro de 15X20 cms. armada con 4 vars. #3 y E#2. a cada 25 cms. concreto de f'c=200 kg./cm.2

ML.

M A T E R I A L E S

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|----------------------|--------|----------|-------------------|---------|
| Acero #3 | Kg. | 2.422 | 148.00' | 358.46 |
| Acero #2 | Kg. | 0.940 | 185.00 | 173.90 |
| Alambre recocido #18 | Kg. | 0.203 | 200.00 | 40.60 |
| Cimbra:Barrote 2"X4" | PT. | 1.093 | 161.00 | 175.97 |
| Duela 1.5X2" | PT. | 0.369 | 161.00 | 59.41 |
| Concreto:Cemento | Ton. | 0.012 | 25,500.00 | 306.00 |
| Arena | M3. | 0.016 | 3,500.00 | 56.00 |
| Grava | M3. | 0.021 | 3,500.00 | 73.50 |
| Clavo | Kg. | 0.019 | 225.00 | 4.28 |
| Diesel | LT. | 0.320 | 60.00 | 19.20 |

T O T A L : 1,267.32

- - - - -

N O T A : Como se dijo anteriormente por tratarse de auto-construcción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Castillos de 15X15 cms. armados con
4 vars. #3 y E#2 a cada 15 cms. con
creto de f'c=200 kg/cm.2

ML.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|-----------------------|--------|----------|-------------------|---------|
| Acero:#3 | Kg. | 2.422 | 148.00 | 358.46 |
| Acero:#2 | Kg. | 1.252 | 185.00 | 231.62 |
| Alambre recocido #18 | Kg. | 0.203 | 200.00 | 40.60 |
| Cimbra: Barrote 2'X4" | PT. | 1.093 | 161.00 | 175.97 |
| Duela 1.5X2" | PT. | 0.369 | 161.00 | 59.41 |
| Clavo | Kg. | 0.019 | 225.00 | 4.28 |
| Discol | LT. | 0.320 | 60.00 | 19.20 |
| Concreto:Cemento | Ton. | 0.008 | 25,500.00 | 204.00 |
| Arena | M3. | 0.012 | 3,500.00 | 42.00 |
| Grava | M3. | 0.016 | 3,500.00 | 56.00 |

T O T A L: 1,191.54

N O T A: Como se dijo anteriormente por tratarse de autoconstrucción, no consideraremos la mano de obra y herramienta.

C O N C E P T O

U N I D A D

Colocación de herrería tabular a plomo
y nivel junteado con mortero cemento
arena 1:4

PZA.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|------------------|--------|----------|-------------------|-----------|
| Mortero:Cemento | Ton. | 0.020 | 25,500.00 | 510.00 |
| Arenta | M3. | 0.082 | 3,500.00 | 287.00 |
| Agua | M3. | | | |
| Herrería tubular | Pza. | 1.00 | 14,904.00 | 14,904.00 |
| | | | T O T A L: | 15,701.00 |
| | | | | ===== |

N O T A: Como se dijo anteriormente por tratarse de auto-
construcción, no consideraremos la mano de obra
y herramienta.

Una vez realizados los análisis de precios unitarios para cada concepto utilizado se integrará un presupuesto resumíendolo a lo siguiente:

IV.2.- PRESUPUESTO DE CIMENTACION Y ESTRUCTURA.

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|--|--------|----------|-------------------|------------|
| Cimentación: | | | | |
| 1o. Mampostería de 3a. piedra brasa. | M3. | 19.87 | 3,351.50 | 66,594.31 |
| 2o. Plantilla de cimentación de 0.05 mts. de concreto pobre f'c=100 kg./cm.2 | M2. | 45.40 | 2,107.50 | 95,680.50 |
| 3o. Cadena de desplante de 0.15X0.15 mts. - con 4 vars. #3 y E#2. a cada 25 cms. | ML. | 62.15 | 1,112.53 | 69,143.74 |
| 4o. Impermeabilización de cimentación. | ML. | 62.15 | 26.80 | 1,665.62 |
| T O T A L: | | | | 233,084.17 |
| ===== | | | | |

N O T A : El costo de los conceptos de trabajos preliminares, excavación, relleno y acarreo no se tomaron en cuenta debido a que como se dijo, se trata de autoconstrucción.

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | I M P O R T E |
|-----------------|--------|----------|-------------------|---------------|
|-----------------|--------|----------|-------------------|---------------|

Estructura:

| | | | | |
|---|-----|--------|----------|------------|
| 5o. Muro de tabique rojo recocido -- 7X14X28 cm. Juntea- do con mortero are- na 1:5 | M2. | 111.45 | 1,900.50 | 211,810.73 |
|---|-----|--------|----------|------------|

| | | | | |
|---|-----|------|----------|----------|
| 6o. Celosía de tabi- que rojo recocido -- 7X14X28 cm. Junteado en proporción 1:5 | M2. | 3.97 | 1,432.50 | 5,687.03 |
|---|-----|------|----------|----------|

| | | | | |
|---|-----|-------|----------|-----------|
| 7o. Dala de cerra-- miento armada con 4 vars. #3 y E#2. a - cada 25 cms. de: 0.15X0.15 m. | ML. | 53.43 | 1,109.03 | 59,255.47 |
| 0.15X0.20 m. | ML. | 10.95 | 1,267.32 | 13,877.15 |

| | | | | |
|--|-----|-------|----------|-----------|
| 8o. Castillos de 0.15 X0.15 m. armado con 4 vars. #3 y E#2 a cada 20 cms. | ML. | 33.70 | 1,191.54 | 40,154.90 |
|--|-----|-------|----------|-----------|

| | | | | |
|--|-----|-------|----------|-----------|
| 9o. Piso de concreto acabado escobillado de f'c= 150 kg./cm.2 y 8 cm. de espesor. | M2. | 71.70 | 1,021.00 | 73,205.70 |
|--|-----|-------|----------|-----------|

| | | | | |
|--|-----|------|-----------|------------|
| 10. Colocación de he- rretería tubular a plo- mo y nivel Junteado en proporción 1:4 | M2. | 9.99 | 15,701.00 | 156,852.99 |
|--|-----|------|-----------|------------|

T O T A L : 560,843.97

El costo de la cimentación y estructura es de: \$ 793,928.14

Considerando que la cimentación y estructura funciona - para nuestras tres alternativas de losa, sólo nos resta definir el costo de éstas tres opciones. A continuación analizaremos cada una de las losas.

IV.3.- ANALISIS DE LAS TRES ALTERNATIVAS DE LOSAS.

IV.3.1. LOSA DE FERROCEMENTO.

Como se dijo en el capítulo anterior, utilizaremos placas plegadas por ser la más sencilla de acuerdo a su proceso constructivo. Desarrollaremos el análisis de precios unitarios a continuación:

C O N C E P T O

U N I D A D

Placas plegadas con un desarrollo
de 0,76X3.80 m.

PZA.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O. | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO. | IMPORTE |
|---------------------------------------|--------|----------|--------------------|----------|
| Malla de metal des plegado E-10-22 | M2. | 6.40 | 235.00 | 1,504.00 |
| Acero de refuerzo #2 | Kg. | 4.066 | 185.00 | 752.21 |
| Mortero: Cemento | Ton. | 0.018 | 25,500.00 | 459.00 |
| Arena | M3. | 0.030 | 3,500.00 | 105.00 |
| ornillo s/4" | Pza | 2.00 | 14.00 | 28.00 |

T O T A L : 2,848.21
=====

Se considera el costo de las tarrajas
aceite y molde como el 20% del costo
total anterior.

2,848.21 X 1.20 = \$ 3,417.85

Costo total/placa X No. Placas = 3,417.85 X 46 = 157,221.10

Costo total de la losa de ferrocemento \$ 157,221.10

IV.3.2. LOSA DE CONCRETO

De acuerdo al diseño de la vivienda propuesta se deter
minará la superficie de la losa supuesta siendo ésta igual
a:

$$S = 93.25 \text{ M}^2.$$

■ ■ ■ ■

Una vez calculada la superficie de la losa, desarrollaa
remos a continuación el análisis de precios unitarios de a
cuerdo a los siguientes datos:

C O N C E P T O

U N I D A D

Losa de concreto de f'c=200 kg/cm².
de 10 cm. espesor, armada con varillas
no. 3 a cada 15 cms. en las
dos direcciones.

M2.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|-------------------------|--------|----------|-------------------|----------|
| Concreto: Cemento | Ton. | 0.039 | 25,500 | 994.50 |
| Arena | M3. | 0.052 | 3,500 | 182.00 |
| Grava | M3. | 0.072 | 3,500 | 252.00 |
| Cimbra: Duela 1"X4" | PT. | 2.63 | 161 | 423.43 |
| Madrina 4"X4" | PT. | 0.53 | 161 | 85.33 |
| Pie der. 4"X4" | PT. | 1.22 | 161 | 196.42 |
| Contraviento 1"X4" | PT | 0.88 | 161 | 141.68 |
| Cuñas 2"X4" | PT | 0.35 | 161 | 56.35 |
| Arrastres 4"X4" | PT | 0.53 | 161 | 85.33 |
| Frontera 1"X4" | PT | 0.48 | 161 | 77.28 |
| Clavo 2 1/2" | Kg | 0.040 | 225 | 9.00 |
| Acero de refuerzo No. 3 | Kg. | 10.45 | 148 | 1,546.60 |
| Alambre recocido No. 18 | Kg. | 0.030 | 200 | 6.00 |

T O T A L : 4,055.92

=====

El costo total/m². por superficie = 4,055.92 X 93.25 = \$ 378,214.54

Costo total de la losa de concreto ----- \$ 378,214.54

IV. 3.3.- LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA.

De acuerdo a nuestro proyecto el claro será de 3.80 m. y con los datos proporcionados por el fabricante en el cual deberemos utilizar la vigueta de alma cerrada de 14 cm. de peralte y bovedilla de 14 cm. de altura armada con malla -- electrosoldada de 6-6/10-10 de un firme de 5 cm.

A continuación haremos el análisis del costo unitario.

C O N C E P T O

U N I D A D

Losa a base de vigueta y bovedilla
reforzada con malla 6-6/10-10 y --
concreto de f'c=200 kg/cm2.

M2.

M A T E R I A L E S .

| C O N C E P T O | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO. | IMPORTE |
|----------------------|--------|----------|--------------------|----------|
| Vigueta | ML | 1.20 | 1,096.95 | 1,232.34 |
| Bovedilla | Pza. | 8.00 | 163.30 | 1,306.40 |
| Malla 6-6/10-10 | M2. | 1.05 | 285.00 | 299.25 |
| Polin | P.T. | 1.20 | 140.00 | 168.00 |
| Alambre recocido #18 | KG. | 0.10 | 200.00 | 20.00 |
| Clavo | KG. | 0.15 | 225.00 | 33.75 |
| Concreto:Cemento | Ton. | 0.023 | 25,500.00 | 586.50 |
| Arena | M3. | 0.031 | 3,500.00 | 108.50 |
| Grava | M3. | 0.043 | 3,500.00 | 150.50 |

T O T A L: 3,905.24

=====

Total/M2. por Superficie = \$ 3,905.24 X 93.25

Costo total losa de vigueta
y bovedilla = \$364,163.63

De acuerdo a los análisis anteriores podemos resumirlas a la siguiente tabla:

| ALTERNATIVAS | COSTO DE CIMENT. + ESTRUCTURA. | COSTO DE LA ALTERNATIVA | IMPORTE |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------|
| IV.3.1. Losa de ferrocemento. | \$ 793,928.14 | \$ 157,221.10 | 951,149.24 |
| IV.3.2. Losa de concreto | \$ 793,928.14 | \$ 378,214.54 | 1'172,142.70 |
| IV.3.3. Losa de vigueta y bovedilla | \$ 793,928.14 | \$ 364,163.63 | 1'158,091.80 |

Como podemos observar en la tabla anterior, si utilizáramos para la vivienda rural la alternativa con losa de ferrocemento, esta será más económica y de acuerdo a los capítulos anteriores se señaló que su proceso constructivo es más fácil y dentro de un futuro será de los materiales más trascendentes de la ingeniería.

C O N C L U S I O N E S .

TOHANDO EN CUENTA EN LOS CAPITULOS ANTERIORES EL USO DEL FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCION EN GENERAL, ES DE CREERSE QUE ESTE MATERIAL TENDRA UN FUTURO PROMETEDOR EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION Y SI TOMAMOS COMO BASE LA ZONA RURAL EN LA QUE SE PRETENDE MEJORAR EL NIVEL DE VIDA DE LOS CAMPESINOS Y ARTESANOS, REPORTARA UN BENEFICIO SOCIAL PARA EL DESARROLLO DEL PAIS Y UNA AYUDA AL PROBLEMA DE LA VIVIENDA.

EL FERROCEMENTO VERSATIL MATERIAL DE CONSTRUCCION SE ADAPTARA MEJOR Y EFICIENTEMENTE A LAS MALLAS DE METAL DESPLEGADO - QUE A LAS MALLAS EXAGONALES Y ADEMAS SE HA COMPROBADO A TRAVES DE ESTE ESTUDIO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS MECANICAS HOMOGENEAS AL CONCRETO REFORZADO TRADICIONAL.

EN LA DETERMINACION DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE LA - LOSA DE FERROCEMENTO, SE OPTO POR LA DE PLACAS PLEGADAS DEBIDO A LA ORIENTACION Y ESTUDIO REALIZADOS POR EL INSTITUTO DE INGENIERIA EN LA CUAL SE DESARROLLO LA DE MAS FACILIDAD PARA LAS ZONAS RURALES Y SOBRE TODO POR SU ECONOMIA Y CONSTRUCCION.

EN LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DEL FERROCEMENTO SE DEFINIO LA SUPERFICIE ESPECIFICA INVESTIGADA POR EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M. Y POR EL CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACION DE FERROCEMENTO, EN BANGKOK, TAILANDIA. TOMANDOSE PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DE LAS PLACAS PLEGADAS EL INVESTIGADO POR EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

UNA VEZ DEFINIDAS LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DEL FERROCEMENTO PODEMOS ABOCARNOS A LA VIVIENDA RURAL COMO EL PRINCIPAL OBJETIVO DE LA PRESENTE TESIS Y EN LA CUAL HE PROPUESTO UN PROYECTO TIPO PARA LLEVARSE A CABO EN LA ZONA RURAL QUEDANDO POR DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DEL LUGAR DONDE SE PIENSA CONSTRUIR PARA EL MEJORAMIENTO Y BENEFICIO SOCIAL DE LOS CAMPESINOS.

EN ESTE PROYECTO UNICAMENTE SE USARA LOSA DE FERROCEMENTO (PLACAS PLEGADAS) COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA VIVIENDA RURAL, EXPLICANDO EN LOS CAPITULOS ANTERIORES QUE NO EXISTEN NORMAS Y ESPECIFICACIONES CONCRETAS EN LAS QUE SE PUEDA BASAR EL FERROCEMENTO, ADEMAS SE UTILIZARAN LOS MATERIALES EXISTENTES EN LA ZONA RURAL.

EL ANALISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS UNITARIOS SE DESARROLLO SIN CONSIDERAR LA MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA, PORQUE EN LA ZONA RURAL LOS CAMPESINOS POR TRADICION SON AUTOCONSTRUCTORES.

UNA VEZ REALIZADO EL PRESUPUESTO DE LA CIMENTACION, ESTRUCTURA Y DE LAS TRES ALTERNATIVAS DE LOSAS PARA LA VIVIENDA RURAL, PODEMOS LLEGAR A CONCLUIR COMO TERMINO FINAL QUE ES MAS ECONOMICO Y DE MAS FACILIDAD TANTO EN SU PROCESO CONSTRUCTIVO COMO EN SU DISEÑO LA ALTERNATIVA DEL FERROCEMENTO APLICADO A LA VIVIENDA RURAL.

RECOMENDACIONES

- 1o. LA ZONA RURAL ES NUESTRO PRINCIPAL ESTUDIO DE ESTA TESIS PARA EL MEJORAMIENTO DE SU VIVIENDA, POR LO CUAL NOS COMPETE COMO PROFESIONISTAS O PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERO CIVIL O ARQUITECTO RECOMENDAR A CADA UNA DE ESTAS FACULTADES EL PLANTEAMIENTO DE CREAR UNA AREA DE SUPERVISION TECNICA O APOYO TECNICO A BENEFICIO DEL CAMPESINO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS RURALES QUE TENGAN COMO FIN MEJORAR EL NIVEL DE VIDA DEL CAMPO.

- 2o. ME ATREVO A RECOMENDAR QUE LOS ALUMNOS DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL PONGAN ENFASIS EN LO QUE CORRESPONDE AL ESTUDIO, DESARROLLO Y PROBLEMA QUE -- FALTA POR RESOLVER DEL FERROCEMENTO PARA UTILIZARSE EN EL PROBLEMA DE LAS VIVIENDAS POPULARES PARA EL DESARROLLO DEL PAIS.

- 3o. EN ESTA TESIS HE PROPUESTO UNA VIVIENDA RURAL A BASE DE FERROCEMENTO (PLACAS PLEGADAS) EN CUANTO A LA LOSA SE REFIERE, PERO DEBEMOS CONSIDERAR QUE NO UNICAMENTE ES ESTA ALTERNATIVA; SINO TAMBIEN SE PUEDE TOMAR EN CUENTA LOSAS DE FERROCEMENTO TIPO EMPAREDADO, BOVEDAS CILINDRICAS, SEMIVIGUETAS CON PLACAS DE FERROCEMENTO ETC.

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

- 1.- "ESTRUCTURAS"
NERVI, P.L. TRADUCCION DE GIUSAPPINA Y
SALVADORAI
F.W. LODGE CORPORATION,
NUEVA YORK 1956
- 2.- "BOATS FROM FERROCEMENT"
UNIDO:
UTILIZATION OF SHIPBUILDING AND REPAIR
FACILITIES SERIES No. 1
NACIONES UNIDAS, NUEVA YORK 1972
- 3.- "FERROCEMENT: APPLICATIONS IN DEVELOPING
COUNTRIES"
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
INFORME DE LA REUNION DE LA BOSTID
WASHINGTON, D.C. 1973
- 4.- "FERROCEMENT APPLICATIONS IN THE U.S.S.R."
JOURNAL OF FERROCEMENT.
VOL. 8 NUM. 3 1978
- 5.- "GUIDE FOR THE PROTECTION OF CONCRETE
AGAINST CHEMICAL ATTACK BY MEANS OF COATINGS
AND OTHER CORROSION-RESISTANT MATERIALS"
ACI COMMITTEE 515
VOL. 63 NUM. 12 DIC. 1966
- 6.- "REINFORCING MECHANISMS IN FERROCEMENT"
TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SEPTIEMBRE 1970
- 7.- "FERROCEMENT. BEHAVIOUR IN TENSION AND COM-
PRESSION"
JOHNSTON, C.D. Y MATTAR, S.G.
JOURNAL OF THE STRUCTURAL DIVISION ASCE
VOL. 102 NUM. ST5 1976 PAGES. 875-889
- 8.- "FERROCEMENT ROOFING MANUFACTURED ON A
SELF-HELP BASIS"
CASTRO JOSE
JOURNAL OF FERROCEMENT
VOL. 7 NUM. 1 JULIO 1977 PAGES. 17-27

- 9.- "PROPIEDADES BASICAS DEL FERROCEMENTO"
ALBERTO FUENTES GONZALEZ
TESIS PROFESIONAL 1977
- 10.- "SISTEMAS DE TECHO PARA AUTOCONSTRUCCION"
ENRIQUE ERAZO Y ROBERTO MELI
INSTITUTO DE INGENIERIA
SERIE No. 418
- 11.- "SISTEMAS DE CUBIERTA Y PISO PARA AUTOCONSTRUCCION"
ENRIQUE ERAZO
INSTITUTO DE INGENIERIA
SERIE No. 454
- 12.- "FERROCEMENTO"
B.K. PAUL Y R.P. PAMA
INSTITUTO MEXICANO DEL CONCRETO Y DEL
CEMENTO, A.C.
1981.
- 13.- "VIVIENDA RURAL"
SUBDIRECCION DE LA VIVIENDA RURAL
S E D U E
1 9 8 5
- 14.- COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION
CARLOS SUAREZ SALAZAR
EDITORIAL LIMUSA
VI REIMPRESION 1984.