UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS
IC2003
G3
V.1

DEFINICIÓN DE UN MODELO PREFABRICADO DE VIVIENDA PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE (19) PUNTOS.

JURADO EXAMINADOR

Firma:
Nombre: Armando Cabillal.

Firma:
Nombre: ANTONIO CONSTANTINO

Firma:
Nombre: VINCENZO BONADIO P.

REALIZADO POR: GARCÍA – GALLO BLASINI, ALFONSO
MONTERO SÁNCHEZ, JORGE

PROFESOR GUIA: ING. ANTONIO CONSTANTINO

FECHA: CARACAS, JULIO DE 2003

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DEFINICIÓN DE UN MODELO PREFABRICADO DE VIVIENDA PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN

REALIZADO POR GARCÍA – GALLO BLASINI, ALFONSO
MONTERO SÁNCHEZ, JORGE

PROFESOR GUIA ING. ANTONIO CONSTANTINO

FECHA CARACAS, JULIO DE 2003

Dedicatoria

A nuestros Padres que nos han guiado a través de nuestra vida de la mejor manera, y nos han apoyado en todo momento en esta meta que está tan cerca de convertirnos en Ingenieros.

A nuestros amigos que nos acompañaron durante todo este arduo proceso y que nos apoyaron en todo momento.

A todas aquellas personas que Colaboraron de alguna u otra forma a culminar este proyecto.

INDICE

TOMO I

SINOPSIS 6

TEMA I. ESTADO DEL ARTE DE LA PREFABRICACIÓN 9

I.1. La construcción como proceso industrial 10

I.2. Materiales 11

I.2.1. Clasificación de los materiales. 12

I.2.2. Materias primas naturales. 12

I.2.3. Materiales elaborados. 13

I.2.4. Prefabricados tradicionales 15

I.2.5. Prefabricados contemporáneos 15

I.3. Concepto de prefabricación 16

I.4. Aspectos de producción, transporte y montaje de elementos prefabricación 17

I.4.1. Aspectos de producción 17

I.4.1.1. Proceso productivo 17

I.4.1.2. Métodos productivos 19

I.4.1.3. Planificación y organización de las actividades productivas 20

I.4.1.4. Almacenamiento 20

I.4.1.5. Requerimientos de mano de obra 21

I.4.1.6. Tipificación y características de los elementos prefabricados 22

I.4.2. Aspectos de transporte 23

I.4.2.1. Coordinación y control de operaciones de transporte de los elementos prefabricados 23

I.4.2.2. Equipos necesarios para operaciones de transporte 24

I.4.3. Aspectos de montaje 24

I.4.3.1. Equipos necesarios para el montaje de elementos prefabricados 25

I.4.3.2. Secuencia de montajes 25

I.4.3.3. Controles en operaciones de montaje 29
I.4.3.4. Requerimientos de mano de obra para el montaje 30
I.5. Aplicación de la normalización y control de calidad de los elementos prefabricados 30
I.6. Prefabricado como elemento de autoconstrucción 31

TEMA II. EJEMPLOS DE PREFABRICACIÓN 33
II.1. Casos internacionales 34
II.1.1. Método Camus 34
II.1.2. Método Nilsen 35
II.2. Casos nacionales 36
II.2.1. Método Molbeton 36
II.2.2. Método Viposa 40
II.2.3. Método Vivienda Venezolana 45

TEMA III. SISTEMA PREFABRICADO PROPUESTO 47
III.1. Diseño de los elementos 49
III.1.1. Elementos de pared 49
III.1.2. Elementos de techo 54
III.2. Diseño de conexiones 61
III.2.1. Conexión Pared – Pared 61
III.2.2. Conexión Techo – Techo 64
III.2.3. Conexión Pared – Techo 64
III.2.4. Conexión Pared – Fundación 64
III.3. Instalaciones eléctricas y sanitarias 67
III.3.1. Instalaciones eléctricas 67
III.3.2. Instalaciones sanitarias 67
III.4. Método de producción de elementos 70
III.4.1. Moldes 70
III.4.2. Mesas de vibrado 74

III.4.3. Proceso productivo 78
III.5. Fundaciones 82
III.6. Tolerancia en elementos prefabricados 82
III.7. Control de calidad 85

TOMO II

TEMA IV. MODELO PREFABRICADO DE VIVIENDA 86
IV.1. Modulación y arquitectura 87
IV.2. Modelo propuesto 88
IV.2.1. Arquitectura, electricidad y plomerías 89
IV.2.2. Despiece de paredes y techos de modelo de vivienda propuesto 100
IV.2.2.1. Sección de pared chaflanada 100
IV.2.2.2. Sección de pared con doble chaflan 105
IV.2.2.3. Elemento de pared con borde superior recto 105
IV.2.2.4. Sección con desbaste central para la colocación de viga auxiliar 108
IV.2.2.5. Sección de elemento de techo 108
IV.3. Aspectos Estructurales 111
IV.4. Análisis económico del modelo propuesto de vivienda 112

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 114
BIBLIOGRAFÍA 117
ANEXOS 119
ANEXO 1 120
ANEXO 2.1 122
ANEXO 2.2 125
ANEXO 3.1 126
ANEXO 3.2 164

SINOPSIS

El problema habitacional en que se encuentra actualmente Venezuela hace inminente la búsqueda de soluciones para aquellas clases de bajos recursos, a las cuales les resulta imposible acceder a una vivienda que cumpla con los requerimientos mínimos necesarios en lo referente a los aspectos sanitarios, estructurales y de servicios públicos.

Según el censo del año 2001, el numero de viviendas con respecto al año 1990 se incremento en 2,3 millones de unidades, por otra parte, la Cámara Venezolana de la Construcción solo registra en sus estadísticas la construcción de 700.000 unidades, lo que representa que resto de las viviendas fueron construidas por la población con sus propios recursos, este tipo de viviendas son clasificadas como viviendas "informales", este distintivo no significa necesariamente que sean ranchos, pero si que existan dudas sobre la presencia de los servicios públicos.

Las consecuencias de la construcción de viviendas informales quedan de manifiesto al analizar los datos de accidentes ocurridos en las zonas marginales causados por lluvias, deslaves o derrumbes, o simplemente por la mala practica constructiva empleada para la construcción de estas viviendas.

Sin embargo, es sumamente elogiable el entusiasmo constructor del venezolano y por ello recomendable suministrar de una manera clara y sencilla las soluciones y conocimientos necesarios para cambiar el sistema constructivo y conseguir viviendas aptas y normalizadas para el cabal desarrollo de la población.

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como objetivo fundamental presentar una solución al problema presentado, mediante el diseño de elementos prefabricados estructurales con concreto aligerado con el uso de la arcilla expandida, siendo de esta manera aptos para su utilización en la autoconstrucción y construidos

con procesos industriales. Igualmente, se presenta el diseño de una vivienda modelo cuyos cerramientos están constituidos enteramente por los elementos prefabricados propuestos.

El sistema de prefabricación propuesto se fundamenta en las tres premisas siguientes:

- Metodología de construcción prefabricada y descripción de métodos utilizados nacional e internacionalmente.
- Especificaciones técnicas de los diferentes elementos que constituyen el sistema propuesto.
- Especificaciones arquitectónicas y técnicas de un modelo prefabricado de vivienda.

Las ventajas mas importantes que ofrece el sistema prefabricado de autoconstrucción de vivienda pueden numerarse de la siguiente manera:

1. Manejabilidad, debido a las dimensiones de los elementos prefabricados y su construcción con concreto aligerado.
2. Versatilidad en cuanto a la modulación y el diseño arquitectónico.
3. Economía, debido a la disminución de encofrados, mano de obra y desperdicios en obra.

TEMA I

ESTADO DEL ARTE DE LA PREFABRICACIÓN

I.1.- LA CONSTRUCCIÓN COMO PROCESO INDUSTRIAL.

Las exigencias de los usuarios tanto en el cumplimiento de requisitos como **en** la calidad de las viviendas están aumentando y lo harán aún en mayor medida. Para lograr satisfacer estas necesidades debe existir un control de proyecto, usar materiales adecuados y procesos constructivos que no dependan de la buena voluntad o pericia de los artesanos, del clima o de la idoneidad de la dirección de la obra. A este horizonte futuro que esperamos, lo englobamos con el nombre de: **Industrialización de Viviendas**.

Sobre la base de esta premisa la industrialización de construcción de viviendas se define como:

"Producir viviendas reemplazando la mano de obra artesanal, con máquinas utilizadas por obreros especializados en su manejo, o con máquinas automáticas."

La revolución técnica de los últimos años a generado la tendencia a industrializar la producción y por ende esto ha llevado a un consumo masivo, sin embargo, la construcción ha mantenido métodos tradicionales de trabajo.

Esta industrialización se caracteriza por métodos de organización, de producción en serie, tipificación, normalización y automatización. Lo así planteado reduce costos y eleva el consumo llegando al resultado de que los ciclos entre la producción y demanda se estimulen mutuamente.

El problema radica en la planificación, ya que por lo general las necesidades del hombre en la actualidad no coinciden con las del futuro y se deben prever estos cambios.

A la pregunta principal que es ¿Cuales son las causas o razones que llevan a industrializar o promover cambios del método de producción?, la posible o posibles respuestas son:

- La calidad de las construcciones de viviendas masivas es cada vez menor debido a una mano de obra ineficiente por escasez de quien la contrata. Esto genera una menor productividad que la empresa la considera en los presupuestos a cotizar en obras siguientes;
- El uso de subcontratistas en gran parte de la obra, que lógicamente trabajan a mayor velocidad en detrimento de la calidad;
- Incumplimiento de entregas de obras en los plazos estipulados;
- Cada vez es mayor el número de accidentes laborales y el valor de las primas de seguros se incrementó. El origen de esto debe buscarse en la inexperiencia del obrero utilizado;
- El control de calidad de las características físicas de los materiales, depende de la capacitación del maestro albañil ya que con el uso diario detecta defectos sin recurrir a ensayos, que difícilmente lo haría si no tiene experticia en el caso.

I.2.- MATERIALES

I.2.1.- Clasificación de los materiales.

Por ser un aspecto de gran influencia sobre los costos de construcción, es sumamente importante obtener información referente a los tipos de materiales comúnmente utilizados y sus características de composición, tamaño, forma y manipulación, para de esta manera asegurar un eficiente uso de los recursos y reducir lo más posible los desperdicios, mano de obra especializada y transportes.

Es por ello la necesidad de tener una clasificación de los materiales ya sea según su composición, usos u origen. La clasificación más adecuada y que sirve para ayudar a explicar puntos posteriores del tema actual se presenta a continuación de manera esquemática:

- Materias Primas
  - Materias Naturales.
  - Materias Elaboradas.
- Materiales Prefabricados
  - Prefabricados Tradicionales.
  - Prefabricados Contemporáneos.

I.2.2.- Materias primas naturales.

Se refiere a aquellos materiales que no son procesados o que son procesados de manera sencilla para mejorar se manejabilidad y su utilización, sin requerir de una excesiva organización industrial ni la utilización de equipos especializados.

Entre aquellos materiales naturales no procesados se encuentran, por ejemplo, las arenas utilizadas para mezclas de concreto y arcillas usadas en la fabricación de productos cerámicos, a las cuales basta con realizar ensayos granulométricos y análisis sencillos que garanticen la calidad de la misma, sin embargo este tipo de agregados no se encuentran en todas las zonas donde se desea construir, por lo que deben preverse soluciones para que estos lleguen a todos los consumidores con calidad y costo lo mas uniforme posible. Entre los materiales donde es necesario algún tipo de proceso encontramos por ejemplo las gravas utilizadas como agregados, donde el proceso consiste básicamente en la destrucción de las grandes masas rocosas para cumplir con las granulometrías exigidas técnicamente.

La desventaja principal de estos tipos de materiales es el poco control de calidad a los cuales se ven sometidos, pudiéndose encontrar deficiencias en su granulometría y características químicas, físicas o mecánicas.

I.2.3.- Materiales elaborados.

Son aquellos materiales que ya han sufrido un proceso de producción sin llegar a convertirse en materiales prefabricados, requieren de una organización industrial, planificación de producción, equipos especializados y personal técnico preparado, materiales que pueden ser catalogados y cuya calidad viene especificada por el fabricante.

Entre los materiales elaborados mas usados en la construcción se encuentran: los cementos, los aceros y las arcillas.

En Venezuela se tiene una gran experiencia con la utilización del cemento, por lo que existen una variada cantidad de fábricas que ofrecen sus productos con características, calidad y precios muy similares. Igualmente existen varios tipos de Cemento Pórtland, Tipo I, Tipo II, y Tipo III, algunos cementos como los aluminosos o puzolánicos no son de uso difundido en Venezuela. Cuando se introduce este material a la prefabricación se busca utilizar cementos de altas resistencias iniciales dado que los elementos prefabricados reciben las mayores solicitaciones al momento del transporte, el cual se lleva a cabo al poco tiempo de vaciado.

La construcción con acero en Venezuela se encuentra todavía en etapa de expansión y desarrollo. Sus productos (perfiles, cabillas, láminas, etc.) tienen excelente calidad y ofrecen la posibilidad de fabricar perfiles y piezas especiales siempre que las cantidades justifiquen su producción.

La arcilla expandida representa un material de suma importancia en el área de la prefabricación, la arcilla expandida es un material de origen cerámico con una configuración estructural altamente porosa derivada de la expansión a altas temperaturas. Su elevada resistencia intrínseca la hace apta para su utilización tanto en morteros aislantes ultraligeros como en hormigones ligeros de altas resistencias y excelentes propiedades aislantes, su fabricación se realiza a partir de arcilla pura extraída en canteras a cielo abierto, con un proceso inicial de homogenización, secado y molido, seguidamente se somete a efectos rotatorios donde se forman esferas de tamaño controlado con granulometrías de entre 0,5 y 4 mm que son sometidos a calentamiento expande su tamaño hasta cinco veces su tamaño original.

Las aplicaciones mas comunes de la arcilla expandida se refiere a la construcción de cubiertas, soleras, sobrepisos o rellenos ligeros, concretos estructurales aligerados y piezas prefabricados.

I.2.4.- Prefabricados tradicionales.

Los materiales de este tipo más utilizados son sin dudas aquellas de origen cerámico como son las ladrillos y bloques huecos de arcilla, los cuales son de gran difusión y tradición en Venezuela. Por otra parte existen bloques huecos fabricados con mortero y concreto liviano de gran utilización en el área de la prefabricación, pero con la desventaja de que al ser producidos con equipos poco especializados pueden variar en su calidad requiriendo de inspecciones más severas.

La madera se convierte en material prefabricado al momento de establecer condiciones de forma y dimensionado. Estos requisitos tienen como aspectos principales el establecimiento de medidas estándar para todo el país y el control del cumplimiento de los requisitos exigidos.

El acero por otra parte ha comenzado a trabajarse en talleres produciendo las piezas con especificaciones necesarias para un uso determinado, con dimensiones y características similares.

I.2.5.- Prefabricados contemporáneos.

Se refiere a aquellos elementos de tamaño relativamente grande que son distribuidos únicamente para ser ensamblados y colocados de tal manera de

facilitar la construcción y reducir la necesidad de equipos y mano de obra especializada, desperdicios y costos de transporte.

Los materiales fundamentales utilizados en la prefabricación son el concreto, los plásticos, el acero y la madera, pudiendo incluir los productos cerámicos, aluminio y vidrios como materiales complementarios.

El concreto es un material pesado que presenta dificultades en sus conexiones, sin embargo, su costo es reducido con excelentes características térmicas y acústicas, no es combustible y es sumamente moldeable permitiendo la fabricación de elementos con pocas limitaciones de formas y dimensiones, puede utilizarse tanto para estructuras como para tabaquerías y cerramientos. Su ventaja reside en el tamaño de los elementos los cuales requieren de menor experiencia para su colocación y alineamiento.

El acero es un material bastante costoso y requiere equipos y mano de obra especializada, malas propiedades térmicas y con necesidad de mantenimiento, tiene excelentes características mecánicas y presenta facilidad en sus conexiones, es muy utilizado cuando el concreto no es apropiado.

La madera presenta problemas por su deterioro y su alta capacidad de combustión, sin embargo, sus capacidades estructurales son excelentes en relación a su peso, actualmente se utiliza casi exclusivamente para decoración y cerramientos.

I.3.- CONCEPTO DE PREFABRICACIÓN

Actividad que se desenvuelve dentro del campo de la construcción con el propósito de incrementar la velocidad de construcción, mejorar la utilización de los recursos y reducir los costos en aspectos de mano de obra, equipos y transporte, utilizando para ello la producción de elementos terminados en el marco de una producción industrial con el mayor nivel de mecanización y control de calidad posible, e implementando técnicas de montaje y construcción más eficientes y con menor necesidad de mano de obra especializada.

I.4.- ASPECTOS DE PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

I.4.1.- Aspectos de producción

I.4.1.1.- Proceso productivo.

La producción de elementos prefabricados se adapta perfectamente a los parámetros fundamentales de organización de cualquier otra actividad industrial, los procesos principales podrían resumirse como: la investigación, el diseño, la producción propiamente dicha, el transporte y almacenamiento y el montaje y la comercialización. Debe definirse el tipo de mercado que quiere alcanzarse, las regiones a las cuales quiere suministrase el producto y las características principales de los elementos a fabricar.

Punto principal a definir al momento de producción, son todos los referidos al tipo de planta que va utilizarse, equipos y mano de obra requerida y materiales disponibles en la zona donde va a realizarse la construcción. En Venezuela pueden definirse las plantas como Plantas Fijas y Plantas Móviles según sea los requerimientos del caso.

Las planta fijas son aquellas las cuales se instalan definitivamente en un lugar determinado con el propósito de suministrar productos a una determinada región donde los costos de transportes permitan suficiente margen de utilidad. Estas plantas requieren un grado de industrialización muy grande, equipos especializados y por lo general una producción continúa, esto debe ser definido por estudios de mercadeo para evitar cortes de producción que acarrearían grandes pérdidas. Igualmente estas plantas deben ser instaladas a poca distancia de los centros de producción de materiales y disponer de grandes espacios de almacenamiento para materia prima y productos terminados. Igualmente debe preverse la instalación de talleres para la instalación de servicios y laboratorios para ensayos y experimentos.

Las plantas móviles por su parte son aquellas transportables, de dimensiones menores y de producción estacionaria, donde el proceso de fabricación es menos mecanizado que en las plantas fijas. Son plantas destinadas a suplir los requerimientos de una obra específica cuando los elementos son fácilmente fabricables o el proceso de mecanización no es posible.

Puede utilizarse la combinación de ambas plantas, donde los elementos fabricados en serie provienen de la planta fija y aquellos elementos con especificaciones especiales son fabricados en plantas móviles.

Los equipos necesarios para la puesta en funcionamiento de esta plantas son básicamente aquellos relacionados con la producción, transporte y colocación del concreto, entre los cuales se encuentran la mezcladora central de concreto y los equipos de transporte hasta el lugar de vaciado, ya se en carretillas, tolvas, mecanismos sobre rieles o por bombeo. Otros equipos necesarios son aquellos relacionados con el moldeado de las piezas, los cuales están constituidos por

moldes metálicos de láminas dobladas y encofrados periféricos los cuales se colocan sobre superficies perfectamente lisas. Por ultimo se encuentran los equipos de izamiento, son simplemente grúas ya sea de torre o pórtico que trabajan sobre toda el área de la planta para el transporte de piezas y de materiales.

En la instalación de las plantas se prevé la existencia de talleres dedicados a las instalaciones eléctricas y sanitarias, igualmente de una herrería para la fabricación o reparación de moldes, un taller de cabillas y una carpintería.

I.4.1.2.- Métodos Productivos

Los métodos productivos mas utilizados son la producción en cadena, producción en puesto fijo y producción mediante técnicas y equipos complejos.

La producción en cadena consiste en la automatización de la producción lo cual se realiza mediante la disposición de equipos de trabajo que realizan una tarea especifica para la constitución final de lo elementos mientras estos son transportados por correas, rieles o grúas.

La producción en puesto fijo, centraliza todas las tareas en una misma área donde los equipos de trabajo se desplazan de un lugar a otro siguiendo una secuencia de trabajo predeterminada. Ejemplos de este método son los moldes de encofrados perimetrales sobre pistas de concreto o el moldeo de muros en batería vertical.

La incorporación de maquinarias y técnicas mas complejas convierten la producción en puesto fijo en un sistema mas mecanizado, donde todas la tareas se

realizan en el mismo lugar con la ayuda de maquinas y con posterior aceleración de fraguado mediante estufas, hornos o resistencias eléctricas.

I.4.1.3.- Planificación y organización de las actividades productivas.

La planificación en un proceso de fabricación en serie es de vital importancia para elevar el nivel de eficiencia y el rendimiento de la planta. Se toman en cuenta aspectos que pudiesen influir en el tiempo de fabricación de los elementos, ya que esto determina la cantidad de moldes necesarios para mantener la producción. Por ello se relaciona el tiempo transcurrido entre la entrada de los materiales en la planta y la salida de los elementos prefabricados, debe existir una perfecta sincronización con los procesos de transporte de materia prima, mezclado y colocación del concreto y tiempo de fraguado de las piezas, cuando los moldes pueden ser reutilizados en un nuevo ciclo. Actualmente el tiempo de un ciclo de producción puede variar desde tres a cuarenta y ocho horas.

Probablemente el aspecto que más pudiese controlarse es el tiempo de fraguado del concreto mediante la utilización de técnicas y aditivos capaces de acelerar este proceso. La aceleración de fraguado puede conseguirse mediante el traslado de las piezas a estufas que generan vapor de agua o con campanas de vapor en el caso de producción en puesto fijo; con la instalación de resistencias eléctricas que elevan la temperatura en el interior del molde; o mediante el uso de aditivos químicos.

I.4.1.4.- Almacenamiento.

El área de almacenamiento debe ser previsto en la instalación las plantas, dicha área debe ser suficiente para almacenar de siete a quince días de producción, y su variación depende de la comercialización del producto en la región donde esta instalada la planta. Este almacenamiento suplirá las posibles fluctuaciones de demanda y servirá de emergencia en caso de que la producción se vea detenida por algún inconveniente. En el caso de las plantas fijas, donde se producen elementos tipificados, pueden dedicarse áreas adicionales de almacenamiento según las expectativas futuras.

Los métodos convencionales de almacenamiento son la colocación vertical de elementos de cerramientos sobre estructuras tubulares de madera o metal y colocación horizontal para las losas de entrepiso y techo uno sobre otro con elementos separadores normalmente constituidos por tacos de madera.

El área de almacenamiento esta provista de los equipos de izamientos necesarios para el transporte de los elementos desde la zona de producción. Este transporte se realiza mediante la colocación de ganchos en los elementos o con sistemas de ventosas o vacío. Los equipos de izamiento se utilizan para la carga de los camiones que transportan el producto hasta el sitio de obra.

Los elementos almacenados son marcados e inventariados, para llevar el control de producción y distribución; con objeto de estar informado sobre cantidades y tipos de elementos existentes.

I.4.1.5.- Requerimientos de mano de obra.

El aspecto mas importante en el área de la prefabricación es sin duda la capacidad de reducir la cantidad de mano de obra requerida para la construcción

de una edificación. La mano de obra utilizada es corriente o con niveles muy bajos de especialización la cual se consigue en los procesos de trabajo de las distintas actividades. La cantidad de mano de obra es muy baja dado que la fabricación se realiza en talleres con lo que se reduce en gran medida el trabajo en campo, estas reducciones se refieren principalmente a las áreas de carpintería, albañilería y electricidad mientras que la mano de obra especializada se requiere casi exclusivamente para los equipos de izamiento y transporte de materiales y elementos terminados. La cantidad de mano de obra necesaria varia con el tipo de planta instalada, para el caso de las plantas fijas, la producción es mecanizada con menores requerimientos de personal, mientras que en las plantas móviles el trabajo es menos mecanizado requiriendo una mayor cantidad de mano de obra. La utilización de una mayor cantidad de mano de obra no especializada causa una reducción en los costos de salarios que se refleja directamente en el costo total de una obra.

I.4.1.6.- Tipificación y características de los elementos prefabricados.

Para la realización de la construcción industrializada es de especial importancia un trabajo sistemático en planta. En tal caso debe quedar asegurado un amplio margen de variabilidad.

La tipificación consiste en la correcta ordenación de las medidas para fijar sistemas adecuados de módulos, que obedezcan a patrones actuales y al consumo masivo.

Los métodos que se utilizan para la fabricación de los elementos determinan la forma y constitución de estos. La forma mas favorable es el paralelepípedo de caras planas. Las protuberancias o elementos sobresalientes hacen las piezas más

susceptibles a daños causados por el transporte, manejo y almacenaje. Sin embargo, es muy común que las piezas prefabricadas tengan elementos sobresalientes que servirán de acople en el momento de la construcción. La constitución homogénea es típica en elementos prefabricados, su producción es muy mecanizada y se presta con mayor facilidad a la producción en serie, su vaciado puede realizarse horizontal o verticalmente, teniendo este ultimo la ventaja de utilización de un mismo molde para varias piezas. La constitución nervada y de capas múltiples requiere el vaciado horizontal, la colocación de los bloques de arcilla requiere una mayor cantidad de trabajo manual y un menor rendimiento en el tiempo de producción.

I.4.2.- Aspectos de transporte.

I.4.2.1.- Coordinación y control de operaciones de transporte de los elementos prefabricados.

La influencia de estos factores depende del tipo de planta que se esta utilizando. En el caso de encontrarnos con una planta móvil, donde su emplazamiento es el sitio de obra, los elementos son trasladados directamente desde el lugar de fabricación hasta el lugar de montaje según la secuencia que se este utilizando, sin la necesidad de grandes equipos de transporte ni planificaciones especiales.

En el caso de las plantas fijas la situación es más compleja, los elementos deben ser transportados desde el lugar de fabricación hasta los lugares donde se encuentran las obras, dado que es costumbre el calculo de costos de transporte en unidades de peso por distancia recorrida, la influencia de la forma, constitución y

peso de los elementos así como el estado de las vías y las distancias a recorrer es muy importante.

La coordinación de las distintas operaciones de transporte conlleva a la determinación del número de viajes que deben realizarse por cada ciclo de producción con lo que se crea un sistema de entrada y salida de productos prefabricados. La eficiencia de las operaciones depende de la secuencia en que se cargan las piezas y del tiempo de descarga desde los equipos de transporte hasta el sitio definitivo de erección de la obra, a medida que se mejoran estos aspectos, impedimos que se generen esperas por los transportes y tiempos muertos para los operarios de los equipos.

I.4.2.2.- Equipos necesarios para operaciones de transporte.

Los equipos de transporte varían según sea la configuración de las piezas a transportar, normalmente se utilizan los chutos o low-boy que pueden ser acondicionados con grúas para la carga y descarga, igualmente se modifican agregando estructuras metálicas o caballetes para el trasporte vertical de elementos de menores dimensiones.

La cantidad de camiones dependerá de la cantidad de elementos requeridos y de la distancia y el tiempo en que estos deben ser entregados en el sitio de obra, para disminuir el tiempo entre recorridos, los camiones dejan un remolque en el sitio de obra y regresan a la planta con un remolque vacío, evitándose de esta manera el tiempo de descarga de los elementos.

I.4.3.- Aspectos de montaje.

I.4.3.1.- Equipos necesarios para el montaje de elementos prefabricados.

Los equipos fundamentales en una obra con elementos prefabricados son: los equipos de izamiento y colocación de piezas, los equipos de apuntalamiento y los equipos mezcladores para la producción y colocación del concreto para juntas que se vacían en sitio.

Los equipos de izamiento dependen de las dimensiones y el peso de los elementos prefabricados con los que se esta realizando el montaje, pueden abarcar desde torre grúas desplazables sobre rieles o cauchos, grúas telescópicas, de plumas desmontables o winche – cabestrante hasta inclusive, si las dimensiones lo permiten, equipos manuales como poleas o "señoritas".

Los equipos de apuntalamiento sirven para mantener la verticalidad de los elementos desde que estos son desprendidos de los equipos de izamiento hasta que se vacían las juntas entre paneles. Son sencillamente barras o tensores que se acoplan a la pieza por hendiduras o elementos previstos en el momento de fabricación.

Los equipos mezcladores son iguales a los de uso tradicional, pudiendo ser sustituidos por camiones mezcladores provenientes de plantas de concreto, siempre y cuando los volúmenes lo permitan.

I.4.3.2.- Secuencia de montaje.

En líneas generales hasta ahora solo se han adoptado algunas novedades de prefabricación y adaptadas a los métodos tradicionales de construcción, por lo cual se observa falta de ejemplos de una prefabricación consecuente e inequívoca.

Fundamentalmente existen 4 métodos diferentes para construir con piezas prefabricadas:

a. Construcción con esqueleto de acero o concreto y fachada de elementos suspendidos.
b. Construcción tableros y paneles aligerados.
c. Construcción prefabricada maciza con grandes placas de concreto (pesado).
d. Construcción con elementos prefabricados geométricos, estos son llamados elementos de volumen.

De gran interés revisten los sistemas livianos y pesados por lo que es importante definir las ventajas y desventajas principales.

Sistemas livianos

- Ventajas.

  - Poca inversión inicial.
  - Flexibilidad en el proyecto.
  - Mayor diversidad en materiales y tecnologías.
  - Menores costos en transporte.
  - Más apto para obras dispersas.
  - Más apto para terrenos pequeños y con obras existentes cercanas.

- Menor equipamiento para el montaje.
- Mayor cantidad de herramientas portátiles en fábrica y obra.
- Rápida adaptación de la mano de obra. Elementos independientes de un proyecto completo.

- Desventajas.

- Materiales más caros.
- Más desarrollo en el diseño de estructuras, uniones, carpinterías, etc.
- Mayor necesidad de investigación y ensayos.(Impacto, compresión, etc.).
- Mayor número de elementos a controlar.
- Mayor estudio del transporte de elementos.
- Mayor análisis del montaje y uniones ante acciones de viento.
- Estudio más completo del anclaje y las fijaciones.
- Mayor mantenimiento.

Sistemas pesados

- Ventajas.

- Uso de materiales más baratos y más conocidos. tecnologías usuales y diseños estructurales experimentados.
- Terminaciones tradicionales.
- Resistencia a acciones de choque y químicas. reducción en el número de juntas.
- Menor mantenimiento.

- Desventajas

  - Proyectos más rígidos.
  - Mayor inversión inicial en moldes y equipamiento de fábrica.
  - Encarecimiento del transporte y montaje.
  - Mayor análisis en el diseño de acondicionamiento térmico.
  - Mayor incidencia de transporte por sus equipos y distancias.
  - Mayor inversión en equipos de montaje.
  - Mayor protección de personal en el montaje y ante inclemencias cismáticas principalmente de viento y niebla.

La construcción con elementos prefabricados esta diseñada para seguir etapas en una secuencia de montaje de dichos elementos, el fundamento principal de esta secuencia es el apuntalamiento de los elementos verticales portantes y no portantes antes de ser liberados de los equipos de izamiento. El apuntalamiento se realiza con tensores o puntales que acoplan un elemento ya colocado a uno en proceso de colocación, estos puntales deben permanecer colocados hasta el momento en que los elementos vaciados en sitio (juntas horizontales y verticales) o soldadura entre elementos estén en capacidad de mantener el conjunto de piezas ensambladas.

La secuencia de montaje se resume en los siguientes pasos:

1. Colocación de elementos verticales portantes con las correspondientes instalaciones de apuntalamiento.
2. Colocación de elementos verticales no portantes debidamente apuntalados.
3. Vaciado o soldadura de juntas verticales.

4. Colocación de elementos de entre pisos, techos, escaleras, etc.
5. Vaciado o soldadura de juntas horizontales.
6. Desinstalación de las piezas de apuntalamiento.
7. Remates generales, herrería, albañilería, plomería, etc.

En el caso donde las juntas sean elementos de concreto vaciado en sitio, puede acelerarse el proceso mediante el uso de aditivos de fraguado rápido, ya que el montaje en plantas superiores debe esperar hasta que el concreto de las juntas de la planta inferior alcance la resistencia deseada. Las juntas por métodos de soldadura se utilizan cuando los elementos prefabricados tienen marcos metálicos o la estructura portante de la edificación es de acero.

La secuencia de montaje viene determinada principalmente por la movilidad de los equipos de izamiento y del programa cronológico que se disponga para el ensamblaje de los elementos.

I.4.3.3.- Controles en operaciones de montaje.

Los controles en una obra de construcción con elementos prefabricados consisten en la verificación del cumplimiento de las tolerancias exigidas por las normas o en su defecto, las tolerancia establecidas por las empresas fabricantes de las pieza, igualmente debe controlarse el nivelado de elementos, calidad de materiales y de elementos vaciados en sitio y el seguimiento estricto de la secuencia de montajes.

Las tolerancias permitidas en el área de la construcción dependen de las dimensiones y formas de los elementos, pudiéndose encontrar tolerancia entre un

milímetro por metro, hasta un máximo de cinco milímetros en el desplazamiento del eje de una tabiquería.

Los controles en las áreas de transporte, almacenaje, producción y operación existen y aportan eficiencia al sistema de prefabricado.

I.4.3.4.- Requerimientos de mano de obra para el montaje.

El nivel de mano de obra requerido para las operaciones de montaje de una edificación con elementos prefabricados es de baja especialización, esto se debe principalmente a la sencillez que reviste la secuencia de ensamblaje, donde las únicas tareas en las cuales se requiere mano de obra especializada es en los equipos de izamiento y una especialización media en las áreas de albañilería para los vaciados de juntas, y en áreas como plomería y electricidad para las conexiones de los servicios. Encontrándose al igual que en la etapa de producción, un bajo costo en lo referente al pago de sueldos y salarios.

I.5.- APLICACIÓN DE LA NORMALIZACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS.

La normalización viene definida según la Organización Internacional de Normalización como:

"Normalización es el establecimiento y la aplicación de reglas que permitan ordenar las actividades de un campo particular, para el beneficio y con la participación de todas las partes interesadas y, en particular, para alcanzar la mayor eficiencia posible al mismo tiempo que se observan requerimientos funcionales y de

seguridad. Está basada sobre los resultados consolidados de la Ciencia, la Técnica y la Experiencia práctica."

Las normas pueden implementarse a nivel individual, donde las especificaciones son determinadas por: un consumidor particular, empresarial, para conseguir por acuerdo objetivos comerciales y productivos; empresas o profesionales dedicadas a una misma áreas de comercio; nacional, una vez investigados todos los aspectos pertinentes; organizaciones internacionales, en acuerdo entre naciones con intereses comunes.

Las normas que se aplican a la construcción en general, son igualmente aplicables en el área de la prefabricación, sin embargo por su carácter industrial, se requiere la implementación de normas adicionales de producción que permitan el cumplimiento en lo niveles de calidad exigidos y una eficiente continuidad de producción.

El control de calidad es un aspecto de suma importancia en los procesos industriales, mejorando los productos y haciendo que estos cumplan con los requerimientos y expectativas de los consumidores a niveles más económicos.

I.6.- PREFABRICADO COMO ELEMENTO DE AUTOCONSTRUCCIÓN

La autoconstrucción puede definirse como todo método mediante el cual las personas de un grupo social se organizan con el propósito de proveer a todos los miembros de dicho grupo de unas instalaciones necesarias para la comunidad.

La autoconstrucción se presenta coma una solución al problema de vivienda de las clases sociales mas necesidades, donde las personas que pueden ser

beneficiadas se guían por técnicas de autoconstrucción dirigidas, incrementándose el rendimiento al aumentar la motivación de los participantes que saben que son propietarios de la obra que construyen.

Según lo expuesto anteriormente, pueden definirse los objetivos de la autoconstrucción de la siguiente manera:

- Aportar todas las instalaciones necesarias en una comunidad a cada uno de los participantes de la obra.
- Reducir de costos de vivienda y asegurar el mantenimiento y cuidado de los bienes comunes.
- Elevar el nivel educativo de los miembros mediante el trabajo en grupo y la implementación de programas de beneficio colectivo.

TEMA II

EJEMPLOS DE PREFABRICACIÓN

II.1.- CASOS INTERNACIONALES.

II.1.1.- Método Camus.

Método de origen francés con casi nueve mil unidades de vivienda construidas y una capacidad de mil unidades de vivienda por año.

Las viviendas construidas mediante el método CAMUS abarcan desde viviendas unifamiliares de dos plantas hasta altas torres de dieciséis plantas.

Los sistemas estructurales son o losas planas o forjados con doble empotramiento, unidos mediante zunchados perimetrales, machihembrado y rellenos de concreto vaciado in situ, los empotramientos a los muros perimetrales son armados con estribos e igualmente con concreto vaciado in situ.

Los elementos que ofrece este sistema son piezas con un peso máximo de 9.5Mp de 4,0 x 6,5 m para elementos forjados, 2,6 x 5,0 m (máx.) para tabiquería interior y 2,8 x 6,5 m (máx.) para elementos de fachada.

La fabricación se realiza en plantas fijas para pedidos entre 300 y 1.000 unidades de vivienda. El proceso de producción consiste en mesas de vaciado sobre rieles que permiten su movilidad a medida que avanza la operación para luego ser transportadas a cámaras térmicas donde son curadas con aire caliente.

El transporte se realiza en camiones tipo "low-boy" o chutos, para distancias máximas de 50 Km, fuera de las cuales la utilidad de la obra sería seriamente disminuida.

El proceso constructivo comienza las fundaciones de concreto vaciado in situ según los estándares tradicionales y la construcción de sótanos, en caso de haberlos. Los elementos de fachada son fabricados con concreto de 300 kgf/cm^2 de 7 a 14,0 cm de espesor con acabados en obra limpia o mosaico de pequeño tamaño. Los muros portantes son fabricados con concreto de 300kgf/cm^2 de 14,0 cm de espesor. Para las cajas de las escaleras el espesor aumenta hasta 22,0 cm con resistencia de 300 kgf/cm2. Las paredes no portantes son igualmente de concreto pero con resistencia de 225 kgf/cm^2 y espesores que llegan a disminuir hasta 7,0 cm. Los elementos de techos se fabrican de concreto de 300 kgf/cm^2 de 14,0 cm de espesor.

La red de tuberías y cajas de paso del sistema eléctrico, las tuberías de distribución de las instalaciones sanitarias y las tuberías de calefacción son colocadas dentro de los elementos, mientras que las tuberías principales se encuentran en una zona o célula aislada acústicamente en cada planta de la edificación.

II.1.2.- Método Nielsen

El sistema Nielsen fue diseñado en Dinamarca con aproximado de 22.000 unidades de vivienda construidas se caracteriza por ejecutar viviendas de 2 a 16 plantas, mediante un sistema transversal con muros de carga interiores. Se consigue un arrostramiento longitudinal mediante paneles longitudinales rigidizados de modo que constituyan placas continuas. Por otra parte los paneles se unen originando placas, mediante armaduras de zunchado perimetrales, muescas de borde y armaduras de rigidización. Las paredes externas no son portantes, colgando de los muros transversales mediante ménsulas de anclaje.

Los elementos de techo se fabrican con concreto armado con huecos cilíndricos de 18 cm mediante un tipo de prefabricación que se realiza en mesas y el transporte en remolques de plataforma baja.

Los tubos y cajas de las instalaciones eléctricas se incluye en los paneles, los tubos de subida se colocan en la pared de instalaciones o en rozas realizadas en las mismas.

En cuanto a las instalaciones sanitarias y de calefacción, se tiene que se encuentran en cajas de instalaciones o en paredes especiales y las tuberías de distribución se colocan delante de las paredes.

II.2.- CASOS NACIONALES.

II.2.1.- Método Molbeton.

El sistema de prefabricado MOLBETON se caracteriza por producir elementos de concreto ligero con tecnología nacional.

La metodología de este sistema consiste en la producción de elementos de pared autoportantes de 14 cm de espesor, fabricados con concreto aligerado mediante inclusión de aire en la mezcla mediante aditivos especiales y reforzados con doble malla de acero de 100 x 100 x 5,5 mm.

La producción de las piezas se realiza en moldes horizontales apoyados sobre mesas de vibración, colocando las instalaciones sanitarias y eléctricas antes del vaciado con el objetivo de dejarlas embutidas en el elemento.

Las fundaciones en el sistema son construidas con métodos tradicionales, y una vez ejecutadas se procede a la construcción de las vigas de riostra y colocación de anclajes que permiten la alineación, ajuste y soporte a los elementos de pared.

Las dimensiones de los elementos básicos de pared son variables alcanzando valores máximos de 5,20 m y 3,30 m de altura y ancho respectivamente. El armado de estos elementos se realiza mediante la colocación de malla de acero de 5,5 mm x 10 x10 en ambas caras del elemento El espesor del elemento prefabricado varía según el uso, las paredes portantes se caracterizan por un espesor de 14 cm, con concretos de resistencia de 320 kgf/cm2 y un peso aproximado de 245 kgf/m2. Por otra parte las paredes internas tienen un espesor de 10 cm generando un peso de 175 kgf/m2 y producidos con concretos con resistencia a los 28 días de 320 kgf/cm2.

Los elementos de techo y entrepiso tienen dimensiones variables hasta un máximo de 6,20 m y desde 1 m y 2 m de ancho, el armado se realiza en dos direcciones con cabillas de 9 mm cada 100 mm o con cabillas de 5 mm cada 150 mm a lo largo. El espesor de estos elementos es de 14 cm, con un peso de 250 kgf/m2 y resistencia característica a los 28 días de 320 kgf/cm2.

La unión y fijación de los elementos se lleva a cabo mediante pernos de ¾" cada 60 cm. Las paredes se fijan a la viga de riostra por medio de planchas fijas colocadas en esta y entre ellas a través de elementos metálico colocados en el elemento donde penetran los pernos de anclaje. Las aberturas donde se encuentran los anclajes son rellenadas en obra con mortero de cemento al momento de los acabados finales. Las conexiones pueden observarse en la figura (2.2-A)

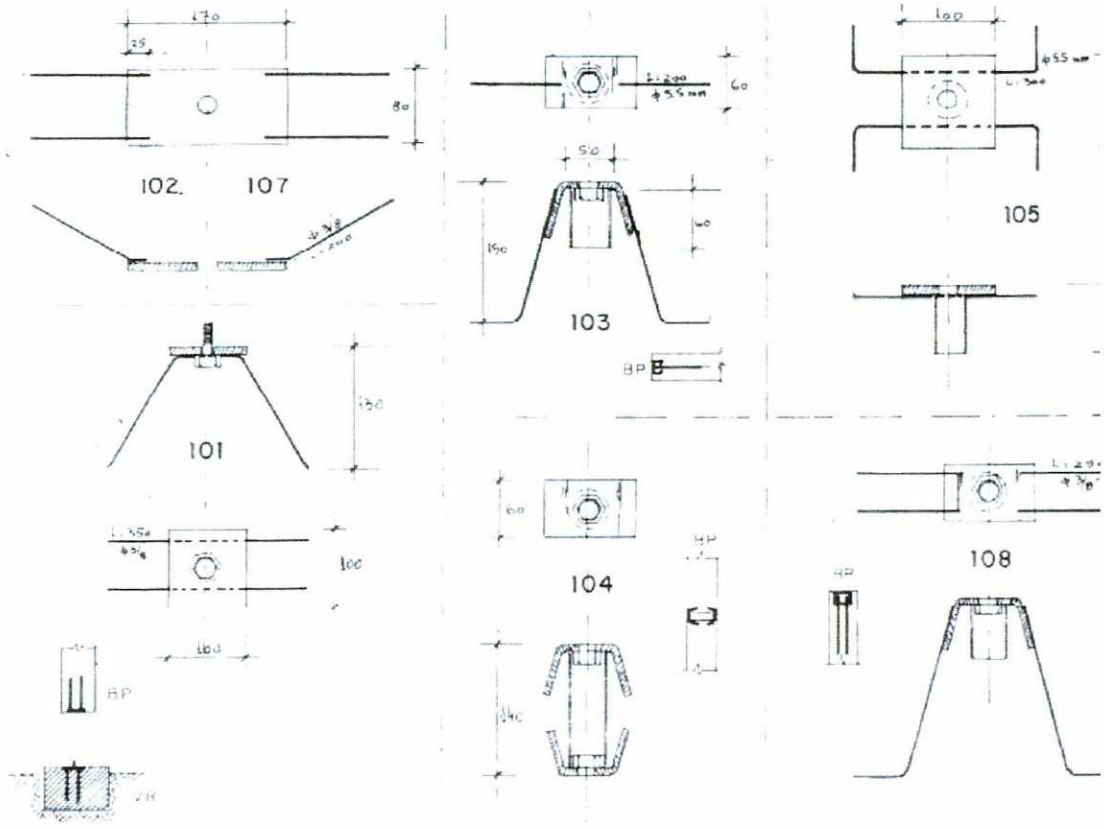


FIGURA 2.2.-A

Las instalaciones eléctricas, aguas blancas y ventilación son embutidas al momento de la fabricación del elemento haciendo falta únicamente el cableado y las conexiones a los sistemas principales que están empotrados en el piso de la vivienda.

El proceso constructivo para viviendas unifamiliares puede resumirse de la siguiente manera:

- Escogencia de los tipos de pieza a utilizar según requerimientos del proyecto.
- Construcción de la fundación y viga de riostra y colocación de anclajes.
- Colocación de los elementos de pared mediante grúas.
- Fijación de elementos a la base y entre sí.
- Instalación de losa de techos, fijando y rellenando las juntas de los anclajes.
- Impermeabilización de techos.
- Vaciado de sobrepisos y colocación de marcos de puertas y ventanas.

Para el caso de viviendas multifamiliares, el proceso constructivo es el siguiente:

- Construcción de fundaciones y vigas de riostra con sus respectivos anclajes.
- Construcción de columnas y vigas vaciadas en sitios según métodos tradicionales.
- Colocación y fijación de los elementos de pared.
- Construcción de elementos de entrepiso con los sistemas de anclajes para el piso superior.

- Relleno de juntas y colocado de anclajes restantes.
- Repetición del proceso para los pisos superiores.

II.2.2.- Método Viposa.

Es un sistema modular de vivienda formado por elementos de concreto armado prefabricado en planta fija.

Desde el punto de vista estructural se caracteriza por muros portantes transversales y longitudinales formados por paneles modulares de concreto, armados con mallas metálicas electrosoldadas, los cuales reciben la carga del techo y la trasmiten directamente a la losa de fundación.

Por otra parte, los elementos de paredes además de su función estructural constituyen el sistema de cerramientos cuyas características permiten un montaje y ensamblaje manual.

Antes de describir los elementos constitutivos del sistema VIPOSA es importante señalar que las fundaciones de este tipo de vivienda se construyen mediante métodos tradicionales con concreto vaciado en sitio con la previa instalación de las conducciones eléctricas y sanitarias. Esta losa de fundación contempla las características necesarias para el posterior ensamblaje de los elementos verticales entre las cuales se encuentran las ranuras perimetrales con las correspondientes pletinas de anclaje.

Los elementos producidos por esta compañía se dividen en dos grupos, los cuales difieren tanto en su forma como en su construcción.

- Elementos de pared:

El elemento básico de pared esta formado por un diafragma de 3 cm de espesor, enmarcado por nervios de 6 cm de ancho y 6 cm de espesor, estas dimensiones corresponder a satisfacer los requerimientos de transporte y manejo sin que ocurran daños significativos a las piezas y para el empotramiento de las conducciones eléctricas y cajetines.

Por otra parte, las medidas de los elementos son de 2,40 metros de altura y 0,40 metros de ancho, con las cuales se cumple con las normas sanitarias de vivienda y se consigue un peso máximo por elemento de 100 kg.

Existen elementos de 2,40 x 0,20 metros y 2,40 x 0,26 metros para la unión de paredes transversales y antepechos de ventana, y de 1 y 1,60 metros para baños y habitaciones.

Todos los elementos tienen en común una ranura perimetral en forma de "U" o "V", la cual se rellena con mortero de cemento obligando a las piezas a trabajar en conjunto.

La carga máxima resistente de los elementos de pared es de 1200 kg por metro lineal, lo cual implica que para el elemento básico de 0,40 metros de ancho la carga resistente sea de 480 Kg por elemento.

El sistema de arrostramiento de los elementos autoportantes se consigue mediante conexiones de cabillas de ¼", ubicadas en la ranura perimetral superior e inferior de los paneles, fijadas con mortero de cemento como se puede apreciar en la figura (2.2-B)

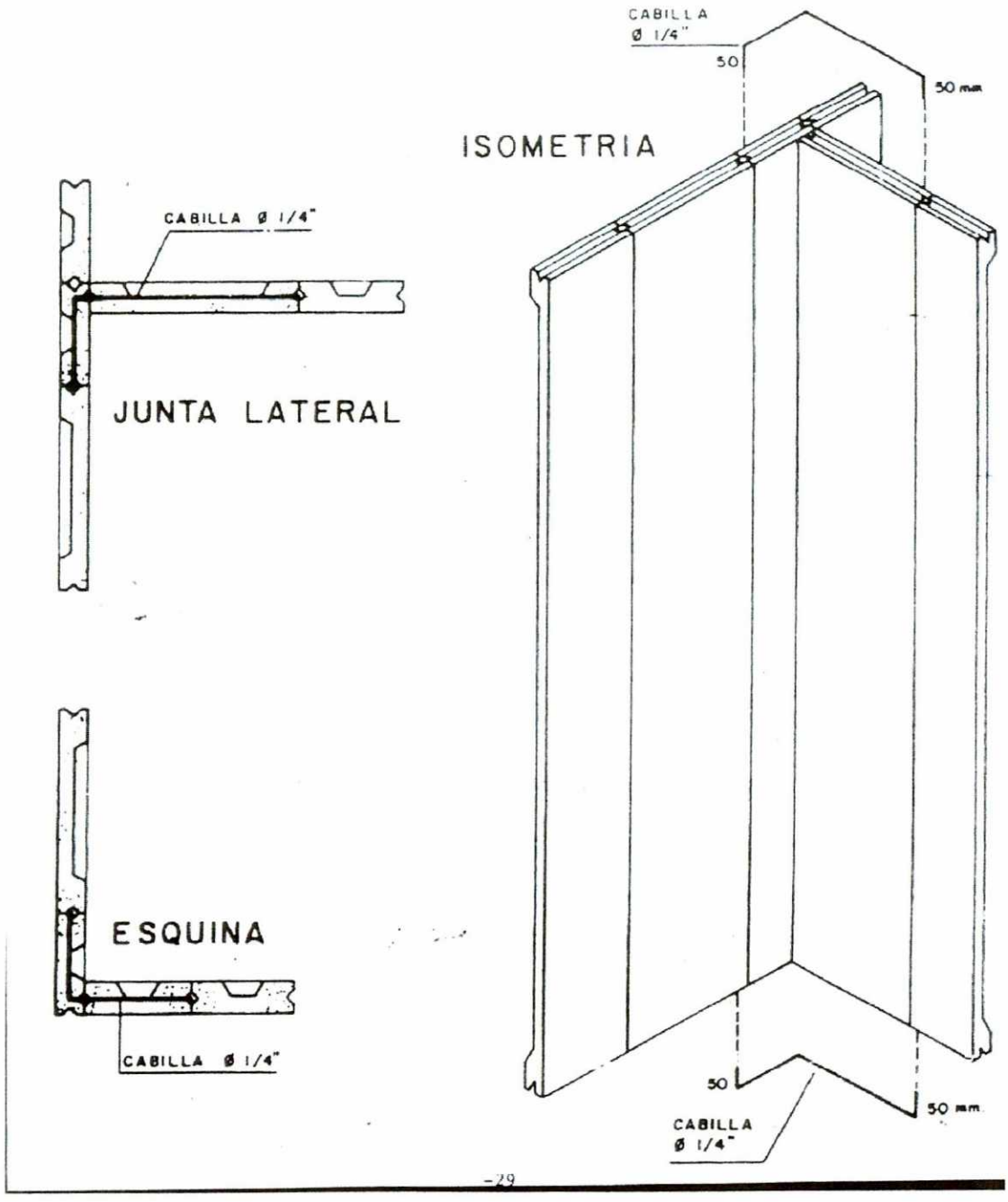

CABILLA
Ø 1/4"
50
50 mm
ISOMETRIA
CABILLA Ø 1/4"
JUNTA LATERAL
ESQUINA
CABILLA Ø 1/4"
50
50 mm
CABILLA
Ø 1/4"

FIGURA 2.2.-B

- Elementos de techo:

Los elementos de techo están construidos sobre la base de las siguientes premisas:

- Resistencia para cargas de recubrimiento de tejas de arcilla y luces de hasta 4 metros.
- Peso máximo de 800 Kg para manejo y ensamblaje con equipos livianos.
- Aislamiento térmico y acabado liso interior.

El diseño general corresponde a una losa nervada de 10 cm de espesor con separación de nervios de 75 cm aligerado con bloques de 6 cm de altura.

Instalaciones Eléctricas y Sanitarias:

Como se indicó anteriormente, las instalaciones eléctricas son embutidas en los nervios de los elementos al momento de su fabricación y conectadas mediante cajas de paso a la red principal empotrada en la losa de fundación, el cableado se realiza antes de la colocación de la losa de techo dejando los arranques para los puntos de iluminación.

El servicio sanitario se instala en el espacio que resulta de colocar 2 elementos de pared enfrentados, generando la dimensión necesaria para ubicar las tuberías de desagüe, aguas blancas y ventilación comúnmente utilizados Figura (2.2.- C)

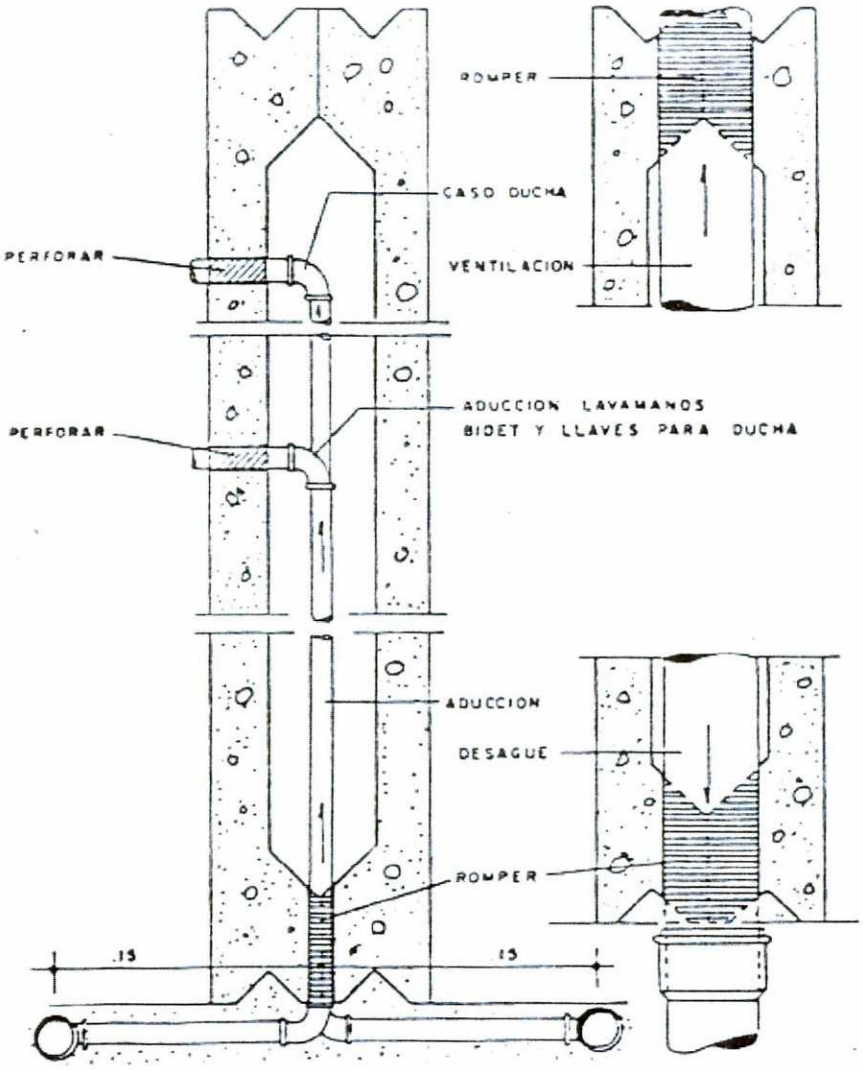

ROMPER
CASO DUCHA
PERFORAR
VENTILACION
ADUCCION LAVAMANOS
BIDET Y LLAVES PARA DUCHA
PERFORAR
ADUCCION
DESAGUE
ROMPER
.15
.15

FIGURA 2.2.-C

Proceso constructivo:

El proceso constructivo del sistema VIPOSA se puede resumir de la siguiente manera:

- Construcción de la losa de piso e instalación de servicios.
- Construcción de estructura para sostenimiento y montaje de techo.
- Replanteo y colocación de anclajes para los elementos prefabricados.
- Montaje de los elementos prefabricados.
- Montaje de marcos de puertas y ventanas.
- Nivelación de tabiquería.
- Sellado y vaciado de juntas de los paneles.

II.2.3.- Método Vivienda Venezolana.

Este sistema se caracteriza por fundaciones construidas según los métodos tradicionales y por muros portantes prefabricados de concreto armado vaciados en sitio y por la prefabricación de elementos de techos, entrepisos y escaleras. Utilizado en edificios desde nueve hasta quince pisos.

En cuanto a los muros portantes la distancia libre entre ellos es, generalmente, de 4,80 m, son elementos de carga, que se producen en encofrados metálicos utilizado como base el piso, donde será utilizada la pieza. Es importante resaltar que durante el proceso de encofrado se dejan aberturas para la penetración de las tuberías eléctricas y sanitarias.

Las dimensiones de las losas de entrepiso y techos son de 4,80 m x 8,00 m con un espesor de 15 cm siendo prefabricadas a pie de obra, mediante la utilización de pistas en moldes metálicos. Una malla metálica es colocada antes del vaciado del concreto. Las juntas entre las losas se rellenan con mortero permitiendo que estas trabajen como losas continuas.

Las escaleras se prefabrican en concreto mediante un vaciado en un encofrado metálico utilizando un proceso similar al de las losas de entrepiso y techos.

Por su parte, los tabiques interiores y parte de los exteriores se ejecutan de manera tradicional con bloques de arcilla de 12 cm.

Instalaciones sanitarias y eléctricas:

Estas instalaciones son embutidas en los pasillos y áreas comunes dándole un carácter externo dentro de las viviendas por razones económicas y no por limitaciones del sistema constructivo.

Las arañas de aguas negras son cortadas y ensambladas a pie de obra, y normalmente se utiliza hierro galvanizado para aguas blancas y PVC para aguas servidas.

TEMA III

SISTEMA PREFABRICADO PROPUESTO

La elección del sistema de prefabricación se realiza en función de las ventajas que este aporte al producto final desde el punto de vista de calidad y rendimiento económico, no obstante, no debe perderse de vista que el objetivo real de este método es diseñar elementos con características de peso y dimensiones fácilmente manejables, juntas y conexiones sencillas pero que cumplan con los requerimientos de resistencia, y un proceso constructivo bien definido dirigido a la autoconstrucción.

Luego de analizar los sistemas de prefabricación expuestos en el tema anterior, se considera que la solución óptima está conformada por elementos plano-portantes construidos con concreto aligerado con agregados de arcilla expandida o comercialmente conocido como Aliven, este agregado ofrece ventajas importantes en lo referente a las propiedades térmicas, acústicas y disminuye considerablemente el peso del concreto. Las especificaciones del Aliven se presentan en el Anexo No.1.

El sistema propuesto contempla la producción de dos tipos de elementos:

- Elementos de pared.
- Elementos de techo.

El sistema de prefabricación adoptado está constituido por tres rubros fundamentales:

- Diseño de los diferentes tipos de elementos.
- Juntas y Conexiones.
- Método y proceso constructivo.

III.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

El diseño de los diferentes tipos de piezas se apoya sobre la base de cinco premisas fundamentales.

1- Los espesores de los elementos deben ser tales que generen el aporte estructural requerido para el tipo de edificación a construir y permitan el embutido de tuberías e instalaciones eléctricas.
2- El ancho de los elementos debe definirse como una dimensión flexible al momento de lograr luces de gran variabilidad.
3- Variar las características dimensiónales en los elementos, con la utilización de un mismo molde, mediante práctica de devastado.
4- Las características del molde deben ser tales que permitan el embutido de piezas como tuberías e instalaciones eléctricas.
5- Generar un sistema de prefabricación y ensamblaje tal, que permita de una manera sencilla su aplicación en el área de la autoconstrucción.

III.1.1. Elementos de Pared:

A manera de conseguir elementos con características tales que lo hagan optimo para su uso en la autoconstrucción, se determinó que la forma básica de los elementos es en paralelepípedo donde las dimensiones generan un peso que no exceda la capacidad de carga de cómo máximo cuatro personas. Esto se consigue con elementos de pared con un espesor de 10 cm, con lo cual se puede además

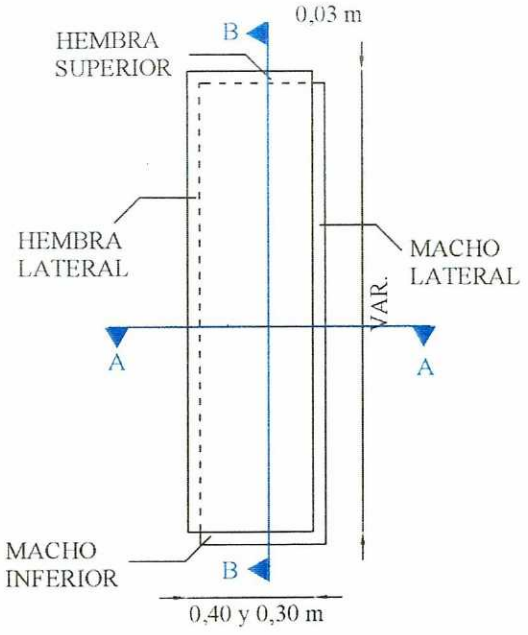
colocar instalaciones eléctricas y sanitarias al momento de la construcción del panel. Por otra parte el ancho de los mismos es de 0,30 y 0,40 m, estas medidas permiten alcanzar cualquier luz libre a partir de 0,60 m mediante la combinación de estas dos dimensiones. La altura de estos elementos es variable y depende de las características de diseño de la edificación. Las características principales de este tipo de elementos pueden observarse en la figura (3.1.-A y 3.1.-B)

El método constructivo del elemento prefabricado que se explica en apartados posteriores, permite dar formas determinadas, por desbastes a las piezas para hacerlas más aplicables a cualquier diseño de vivienda.

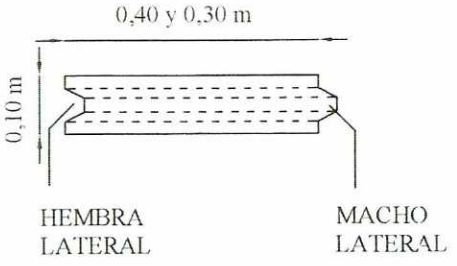
El diseño de la pieza contempla un sistema de machihembrado para su ensamblaje, el cual se consigue mediante la colocación de elementos macho-hembra en el perímetro de las piezas, cuyas dimensiones pueden apreciarse en la figura (3.1.-C). El sistema de conexión se explica en apartados posteriores.

Las tuberías y cajetines eléctricos son empotrados directamente en la pieza y conectados al sistema principal por tuberías que se encuentran en la canal superior del elemento. Las instalaciones sanitarias son igualmente embutidas y su conexión con el sistema se realiza a través de la losa de fundación y se empotran directamente a la tubería principal de aguas negras para su posterior descarga al sistema de cloacas.

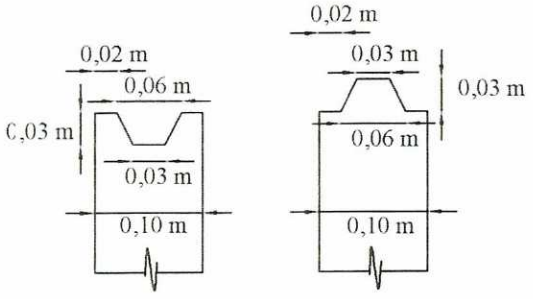
Los elementos de pared son fabricados con concreto aligerado con arcilla expandida y reforzados con malla electrosoldada para conferirle características estructurales, aportando una resistencia de 260 kgf/cm^2 y un peso máximo por panel de 230 kg. La pieza cuenta con cuatro elementos metálicos para su izado manual, que son colocados y amarrados a la malla electrosoldada al momento de



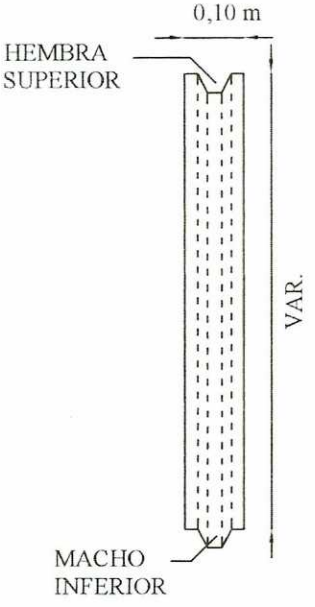
ELEMENTO DE PARED
VISTA FRONTAL



ELEMENTO DE PARED
SECCION A-A

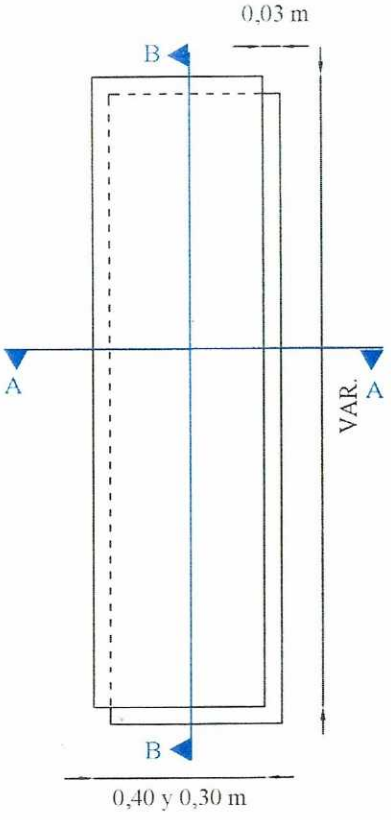


ELEMENTO DE PARED
DETALLE DE
MACHIHEMBRADO

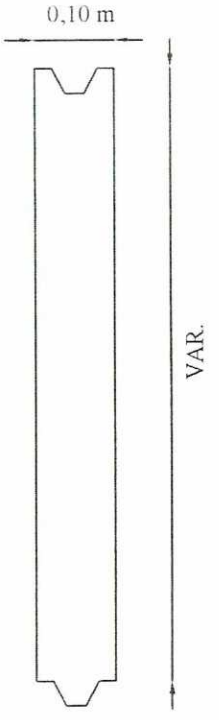


ELEMENTO DE PARED
SECCION B-B

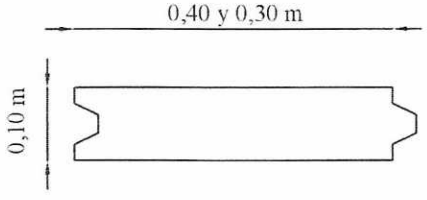
FIGURA "3.1-C"



ELEMENTO DE PARED
VISTA FRONTAL

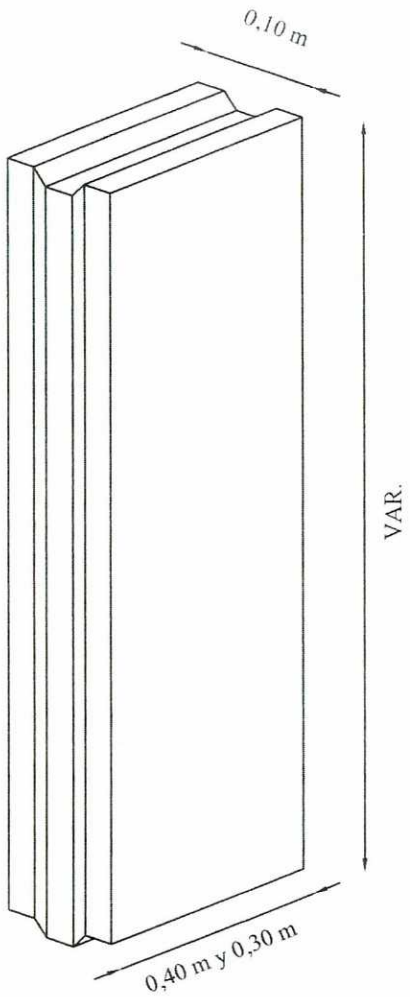


ELEMENTO DE PARED
SECCION B-B



ELEMENTO DE PARED
SECCION A-A

FIGURA "3.1-B"



ELEMENTO DE PARED
ISOMETRIA

FIGURA "3.1-A"

la producción, estos elementos de izado están constituidos por cabillas ø 3/8". Figura (3.1.-D y 3.1.-E).

La colocación de los marcos de puertas y ventanas se realiza en obra y su montaje de acuerdo al resto de los elementos depende de las características particulares de cada proyecto.

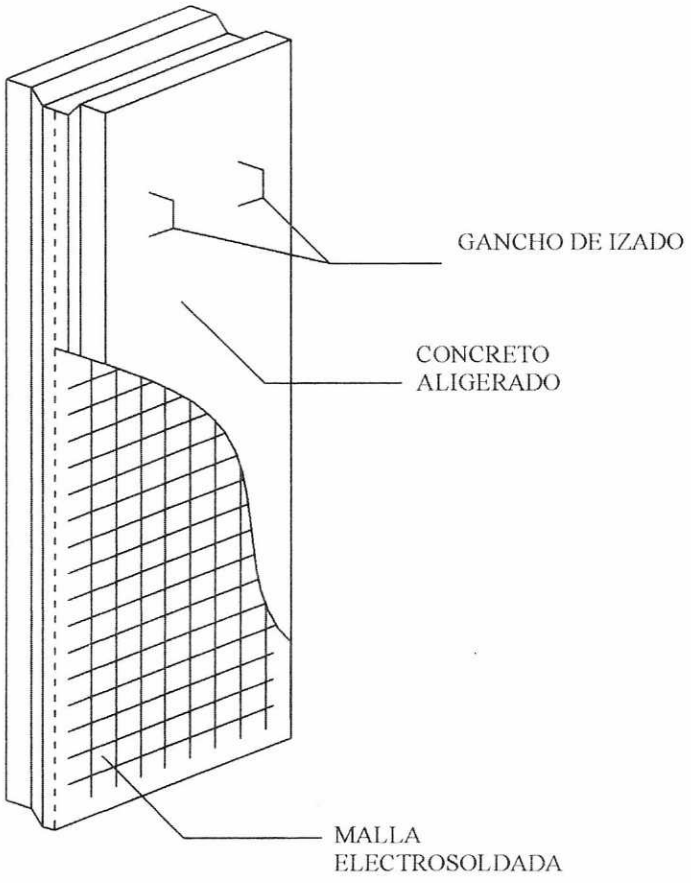
III.1.2. Elementos de Techo

Las piezas de techo se colocarán apoyadas directamente sobre los elementos de pared se unen a estos mediante amarres sencillos de las cabillas que para tal fin se dejan sobresalientes.

Al igual que los elementos de pared, la altura es variable según los requerimientos de la vivienda, el ancho es constante y con un valor de 0,40 m, y 8 cm de espesor. Figura (3.1.-F y 3.1.-G).

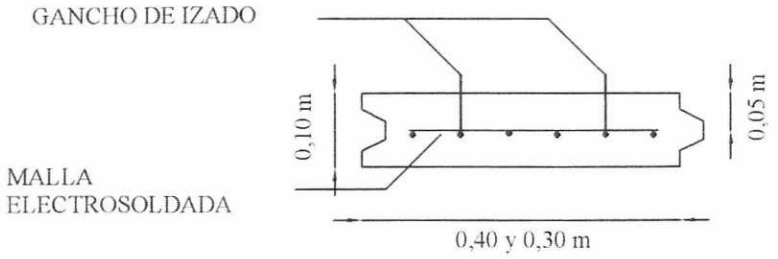
En tres de sus lados la pieza es desbastada para el mecanismo de unión entre ellas, el cual lo conforman las cabillas de 3/8" de diámetro colocadas cada 10 cm en su dirección longitudinal y cada 30 cm en su dirección transversal, las cuales se solapan con la cabilla correspondiente al siguiente panel para formar de esta manera un acero de refuerzo que agrega capacidad estructural al elemento. Figura (3.1.-G, 3.1.-H y 3.1.-I).

El material utilizado para construir los elementos de techo es el mismo que para los de pared, con una misma dosificación e igual capacidad estructural del concreto. Igualmente se coloca malla electrosoldada y ganchos de izado constituidos por cabillas ø 3/8".

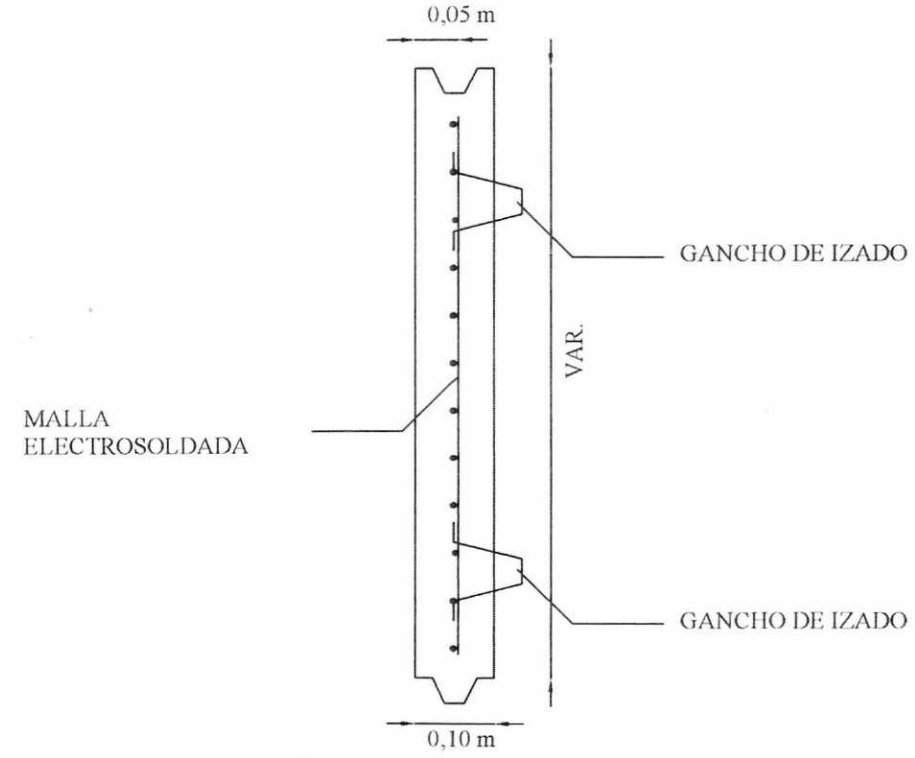


ELEMENTO DE PARED
REFUERZO METALICO

FIGURA "3.1-D"

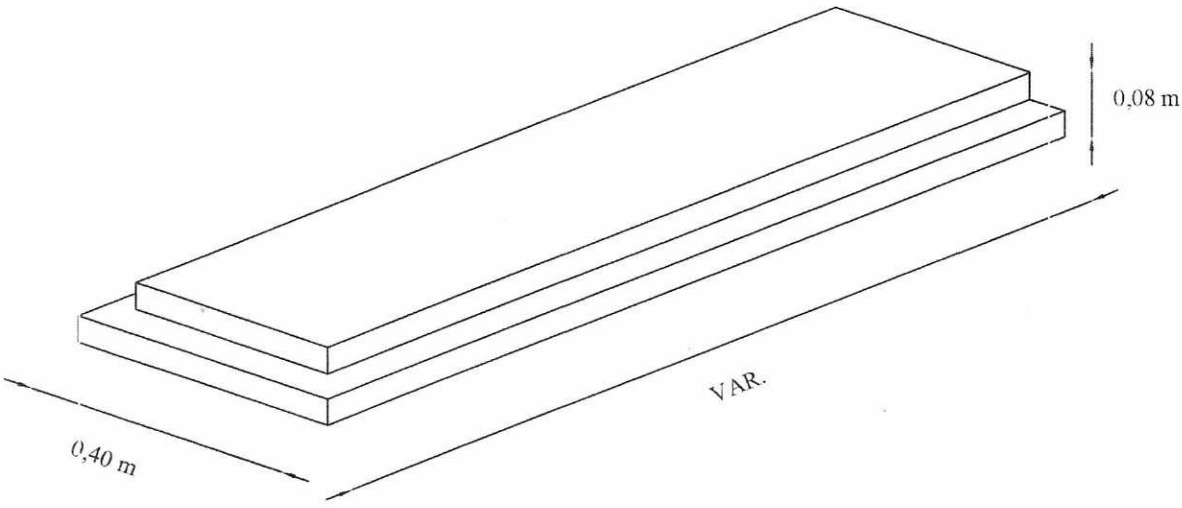


ELEMENTO DE PARED
REFUERZO METALICO
SECCION A-A



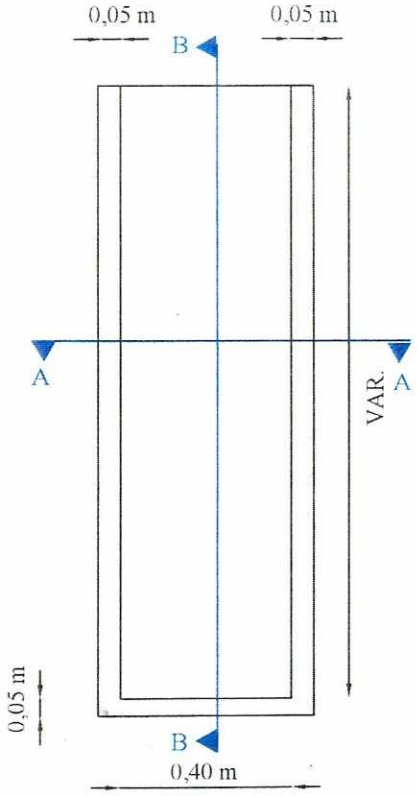
ELEMENTO DE PARED
REFUERZO METALICO
SECCION B-B

FIGURA "3.1-E"

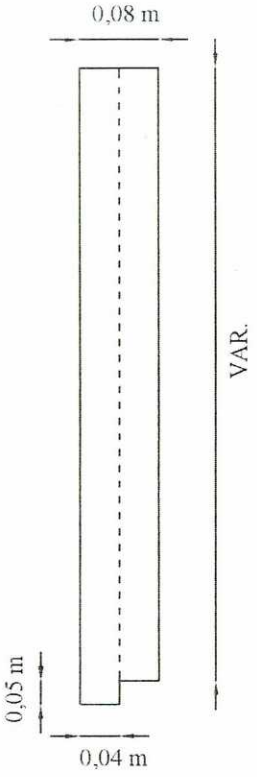


ELEMENTO DE TECHO
ISOMETRIA

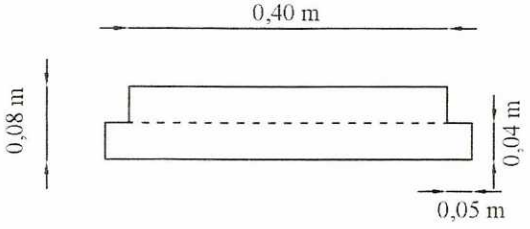
FIGURA "3.1-F"



ELEMENTO DE TECHO
VISTA FRONTAL

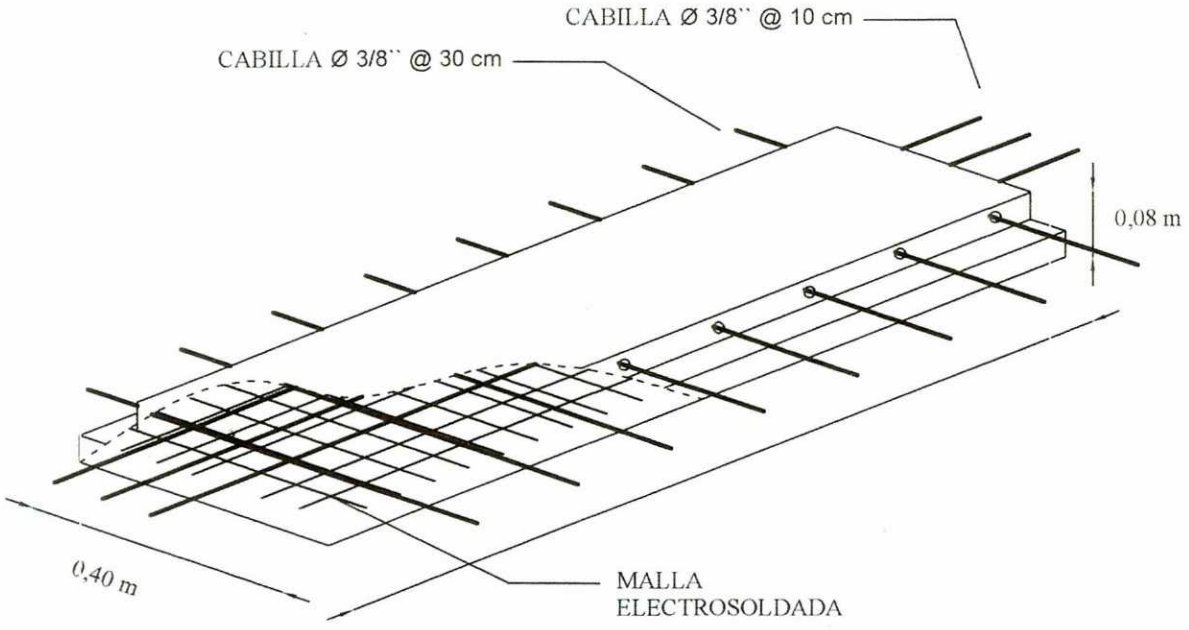


ELEMENTO DE TECHO
SECCION B-B



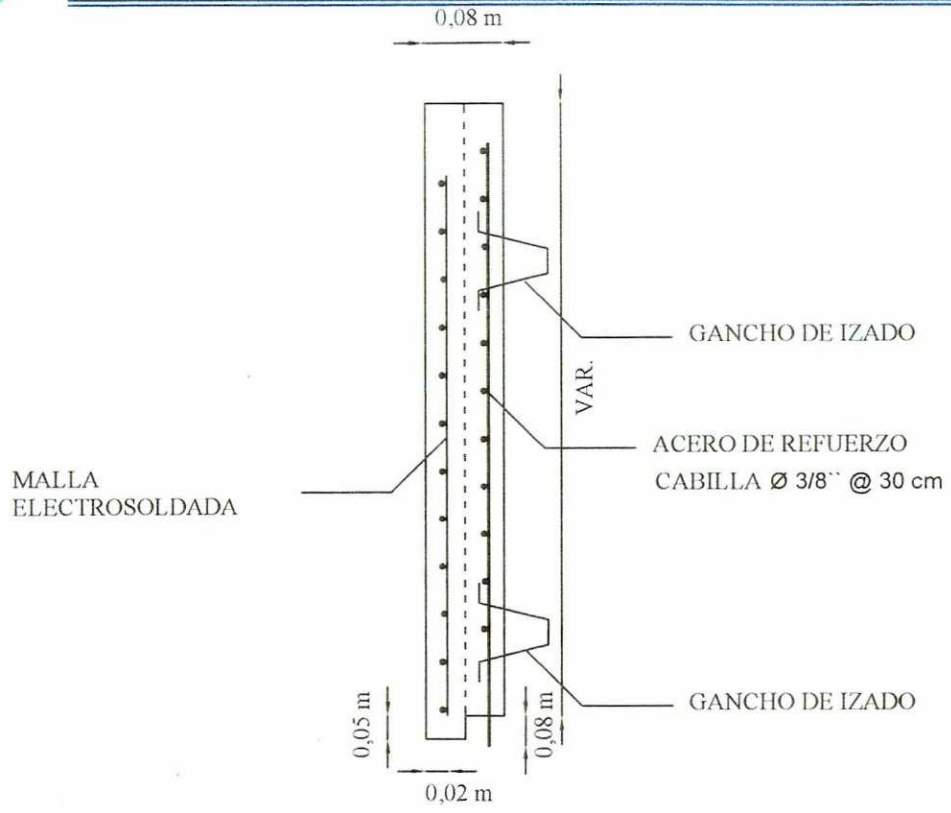
ELEMENTO DE TECHO
SECCION A-A

FIGURA "3.1-G"

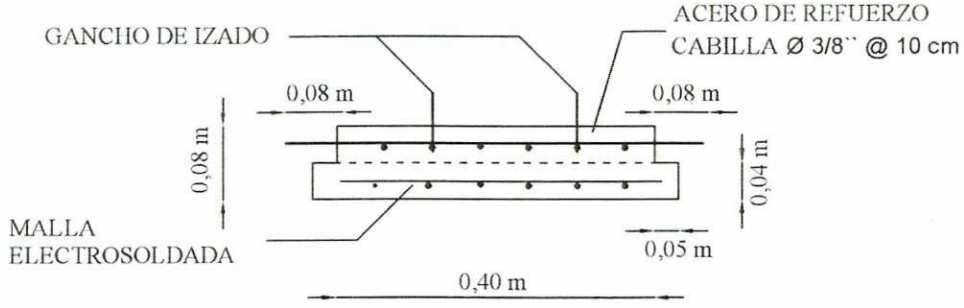


ELEMENTO DE TECHO
REFUERZO METALICO
ISOMETRIA

FIGURA "3.1-H"



ELEMENTO DE TECHO
REFUERZO METALICO
SECCION B-B



ELEMENTO DE TECHO
REFUERZO METALICO
SECCION A-A

FIGURA "3.1-I"

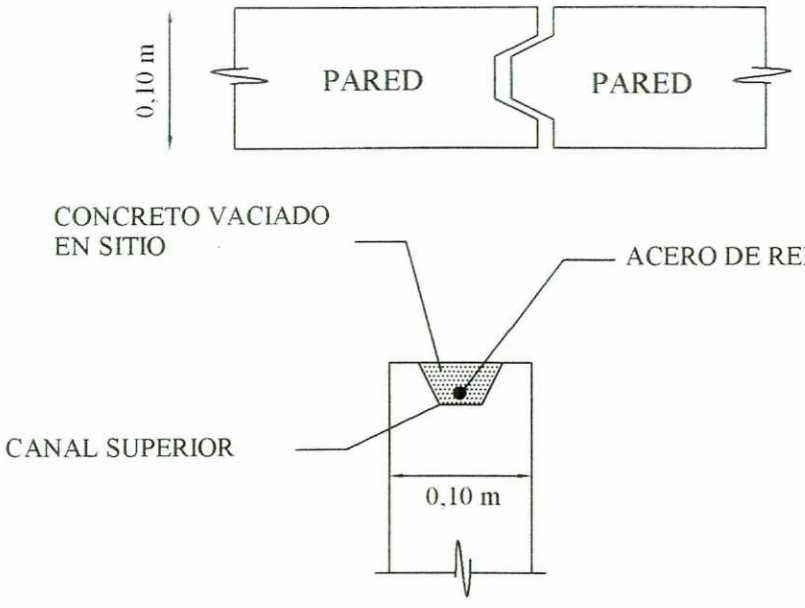
El peso de los elementos permite su colocación de manera sencilla mediante andamios, en caso de que el techo de la vivienda estuviese a mayor altura podría considerarse la utilización de winches o señoritas.

III.2. DISEÑO DE CONEXIONES

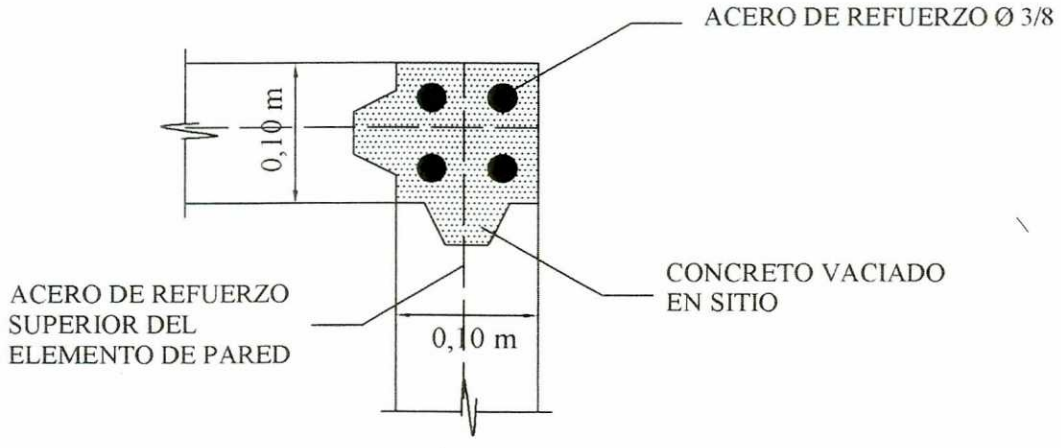
III.2.1. Conexión Pared - Pared

El sistema propuesto para ensamblar los elementos de pared es básicamente un machihembrado que permite una conexión sencilla entre ellos, es decir, cada elemento tendrá un extremo macho y uno hembra de forma tal que se construya una pared ensamblándolos en una misma dirección. Una vez ensamblado el grupo de elementos que constituyen una determinada pared sé rigidiza la misma mediante la utilización de una cabilla de corona colocada en forma continua dentro de un canal o hembra ubicado en la parte superior de los elementos, con un posterior vaciado de concreto en sitio. El acero propuesto es una cabilla de 3/8"y las dimensiones de este canal permiten la colocación del acero de arrostramiento y las tuberías de electricidad en caso de ser requerido. Figura (3.2.-A).

En caso de que la unión entre elementos de pared forme un ángulo recto, ya sean uniones de dos, tres o cuatro paredes, el sistema de conexión es un machón de 10 x 10 cm, con acero de refuerzo de cuatro cabillas de ø 3/8" y estribos de ø 1/4" colocados cada 20 cm, el acero de refuerzo es colocado como arranques al momento de vaciar la viga corona y la losa de fundación. En el área de intersección de las paredes, se unen las cabillas de arrostramiento de los elementos con el acero de refuerzo proveniente del machón, posteriormente se procede al vaciado en sitio del machón y la canal superior. Figuras (3.2.-A y 3.2.-B).

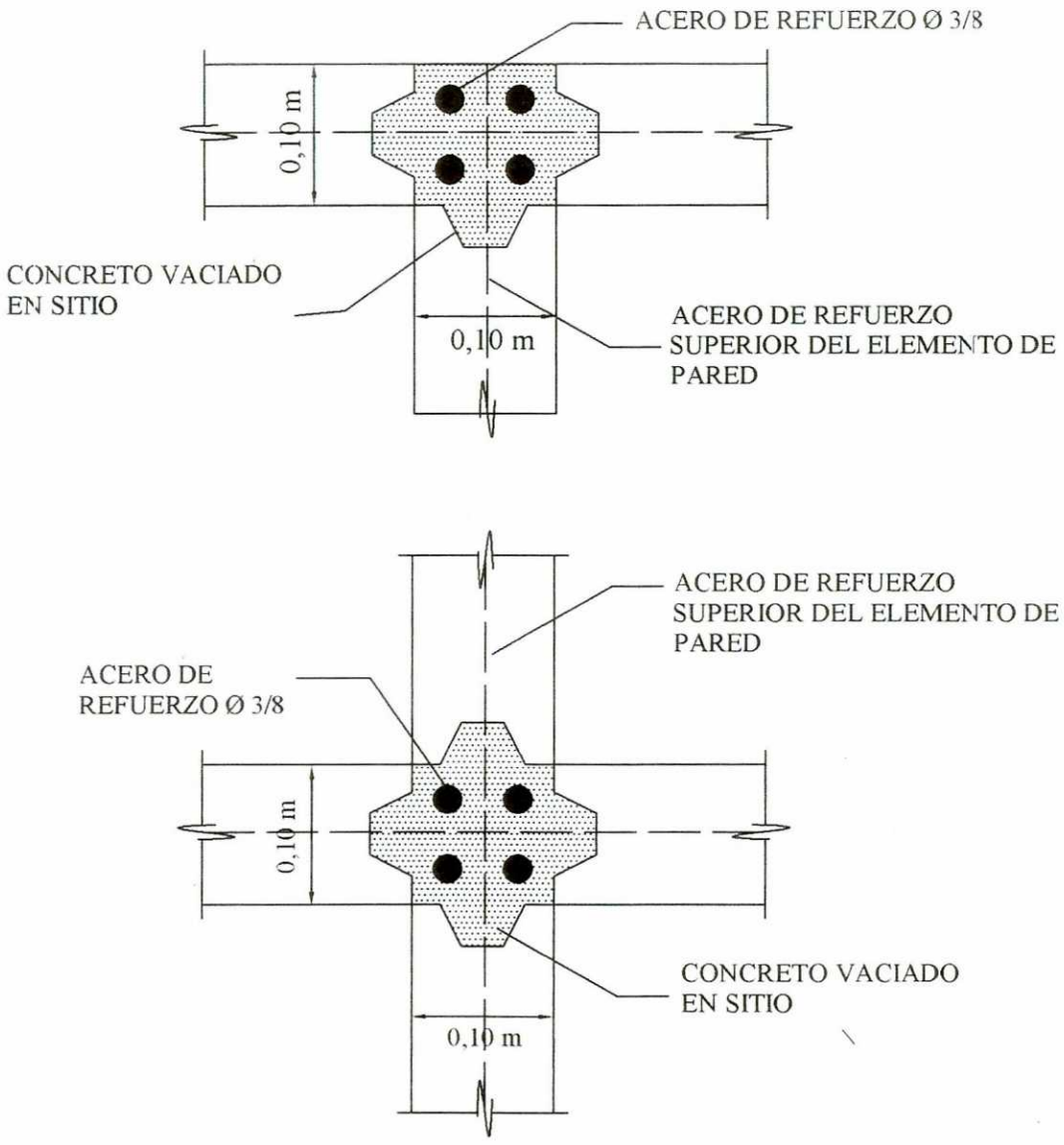


CONEXIÓN ENTRE PAREDES CONTINUAS



CONEXIÓN ENTRE PAREDES COTOGONALES

FIGURA 3.2-A



CONEXIÓN ENTRE PAREDES OCTOGONALES

FIGURA 3.2-B

III.2.2. Conexión Techo – Techo

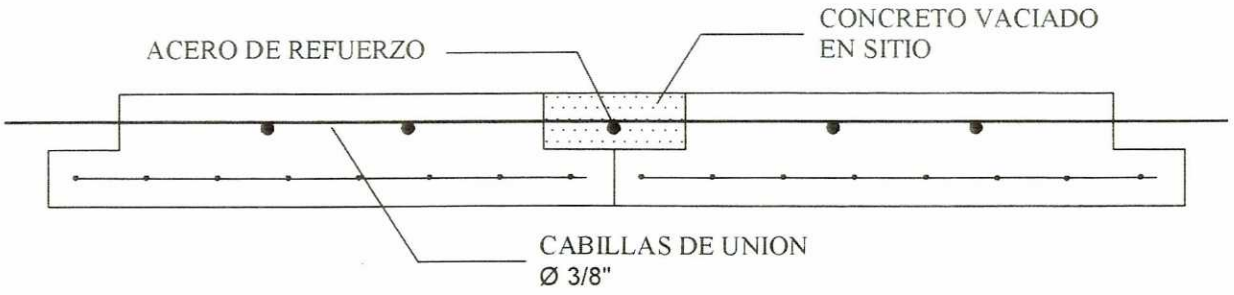
El elemento de techo, tiene previsto un desbaste lateral en tres de sus lados, este forma una canal rectangular de 10 cm de ancho y 5 cm de alto donde se coloca una cabilla longitudinal de ø 3/8" con la cual se une el acero estructural dejado en arranque en cada panel. En la canal que se obtiene al colocar dos elementos de techo consecutivo se procede al vaciado en sitio de concreto para el sellado de la junta y el recubrimiento del acero de unión. Las dimensiones de este desbaste están diseñadas de manera que puedan colocarse la malla electrosoldada en la parte inferior y la malla de cabilla en la parte superior respetando los recubrimientos exigidos. Figura (3.2-C).

III.2.3. Conexión Pared – Techo.

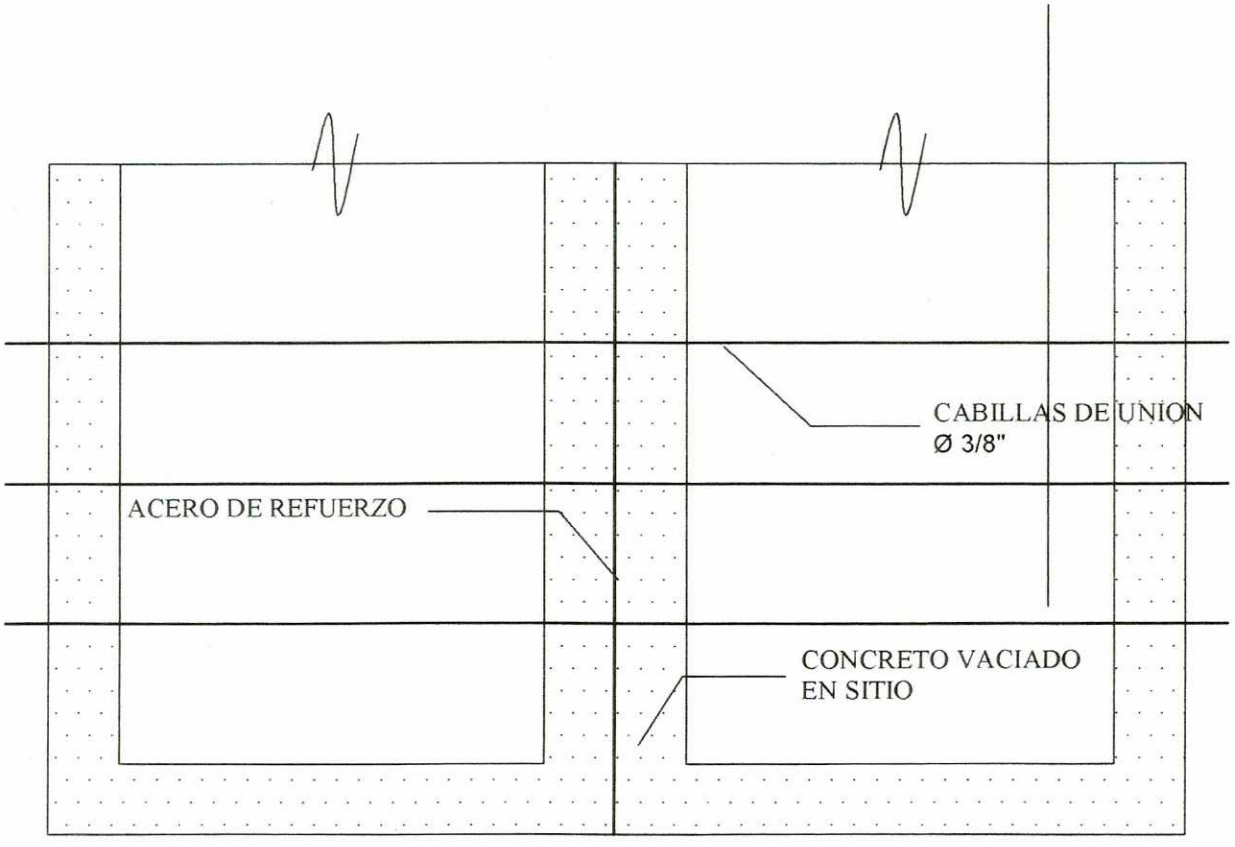
En lo relacionado con las conexiones entre elementos de pared y elementos de techo, debe entenderse que estos últimos consiguen su rigidez mediante la conexión entre ellos y colocándose simplemente apoyados sobre dos elementos de pared, en caso de no existir los dos elementos, se coloca un perfil de acero como soporte superior y se procede a la unión de las dos aguas del techo como se explico anteriormente. Sin embargo, y por efectos de unificar el sistema, se procede a la unión de los elementos de techo con el acero proveniente de los machones que se encuentran en las paredes perimetrales de la vivienda, esto se consigue mediante la perforación de los elementos de techo y el vaciado de estas perforaciones una vez traspasados con el acero de los machones. Figura (3.2.-D)

III.2.4. Conexión Pared – Fundación

El sistema de anclajes sobre la losa de fundación o viga de riostra estará regido por un sistema de ensamblaje similar a los expuestos anteriormente, al

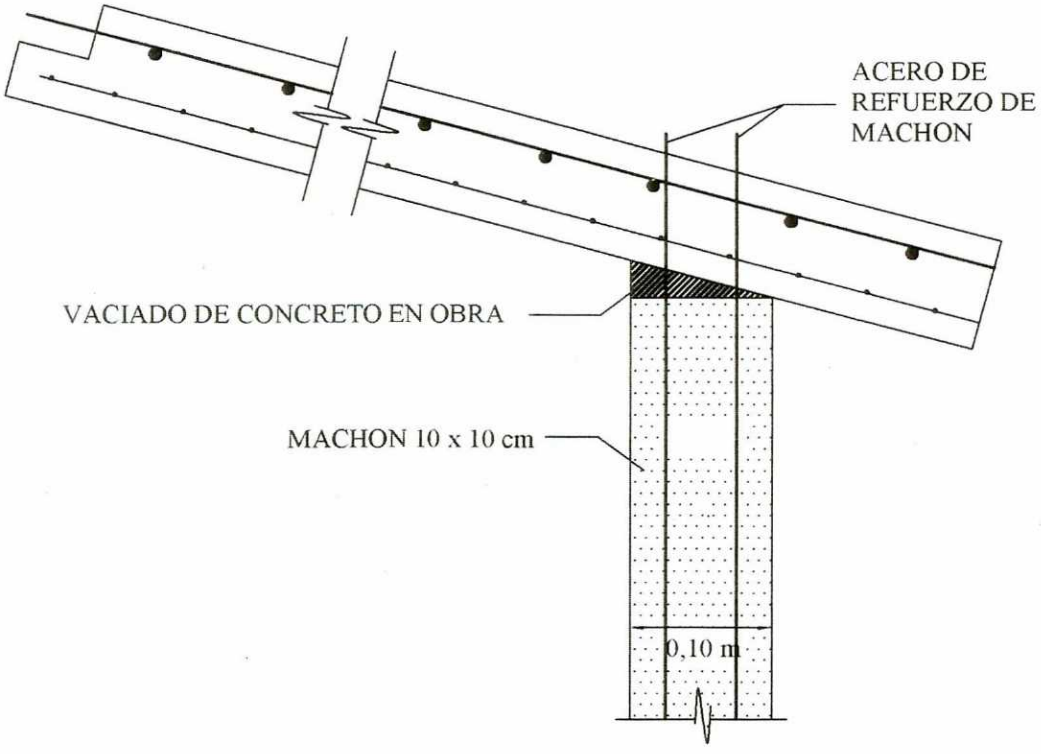


CONEXIÓN TECHO - SECCIÓN FRONTAL



CONEXIÓN TECHO - SECCIÓN PLANTA

FIGURA 3.2-C



CONEXIÓN PARED - TECHO

FIGURA 3.2-D

momento de construirse la losa de fundación y la viga riostra correspondiente a la distribución de las paredes, se procederá colocar un molde o elemento trapezoidal construido en acero sobre esta a manera de prever un canal hembra de las mismas dimensiones que las planteadas para los elementos de pared, los elementos son colocados simplemente apoyados y encajados en la canal de la viga riostra momento en el cual son apuntalados hasta la colocación de las paredes octogonales y el vaciado de la canal superior y los machones de unión. La colocación puede apreciarse en la figura (3.2-E).

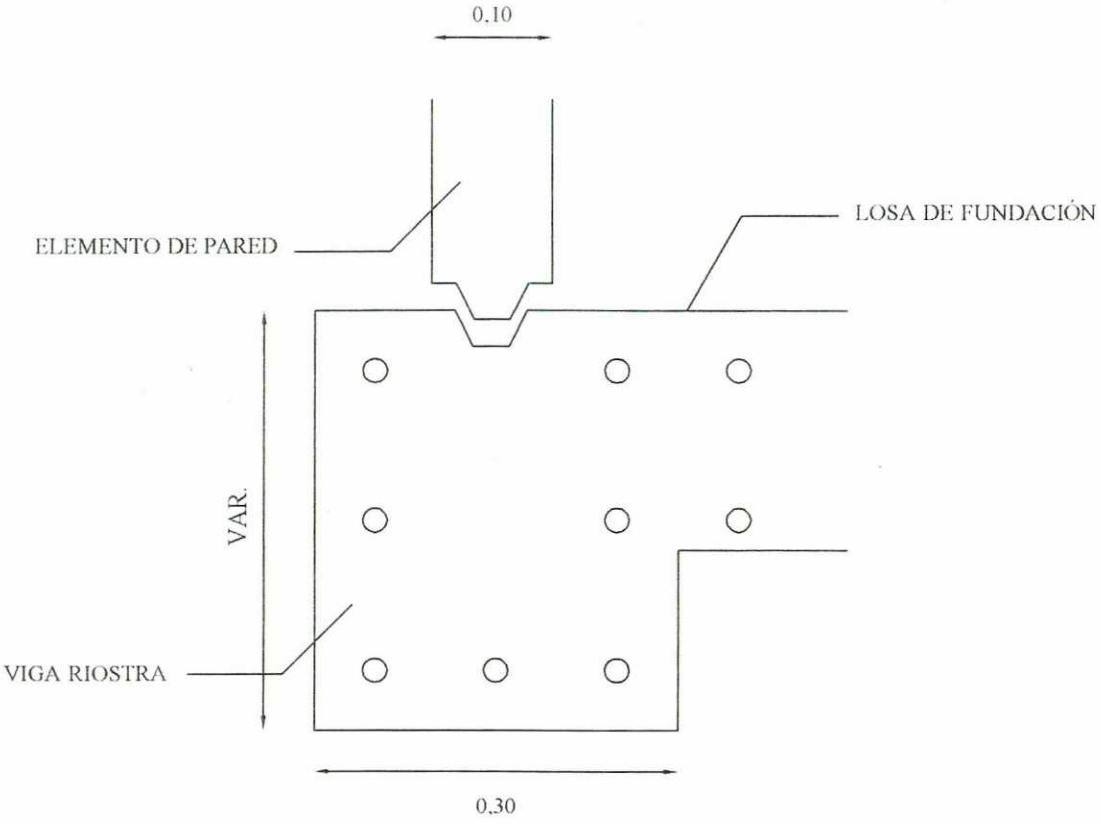
III.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS.

III.3.1. Instalaciones eléctricas.

Las instalaciones eléctricas tales como tuberías, cajetines y paneles son embutidos en el elemento al momento de la fabricación, las tuberías que conectan los diferentes elementos del sistema eléctrico son distribuidas en la canal superior de los paneles llegando fácilmente de esta manera a todos ellos. En el caso de que la tubería no pueda colocarse en el canal superior, estas se colocaran en la losa de fundación dejándose los arranques necesarios en los machones de unión desde donde podrán conectarse a los elementos. El diámetro de tuberías aceptado es de hasta ½ pulgada en la canal superior y hasta 2 pulgadas en el interior de los elementos. El cableado se realiza en obra una vez realizadas todas las conexiones de tuberías. (Figura 3.3-A).

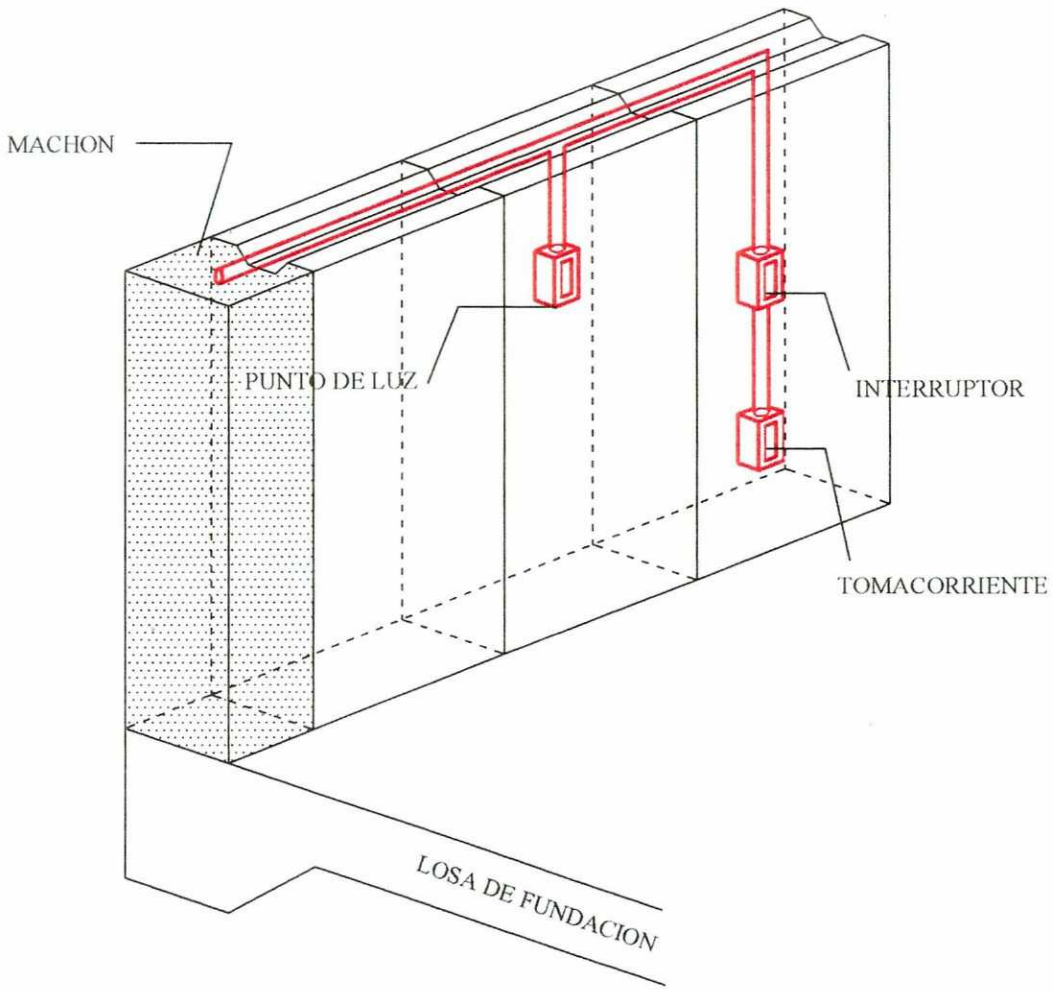
III.3.2. Instalaciones sanitarias.

La distribución de las aguas blancas y negras por tuberías de hasta 2" son de PVC y están embutidas en las paredes, y acero galvanizado para las aguas



CONEXIÓN PARED - FUNDACIÓN

FIGURA 3.2-E



INSTALACIONES
ELECTRICAS EN PARED

FIGURA "3.3-A"

blancas. La distribución principal de aguas blancas se realiza en la losa de fundación dejando los arranques para la posterior conexión. Las aguas negras son empotradas a una tubería de 4 pulgadas colocada en la losa de fundación y que a su vez es llevada hasta la tanquilla del servicio de cloacas mientras que las tuberías de ventilación son llevadas a través de los machones hasta el nivel de techo. (Figura 3.3.-B).

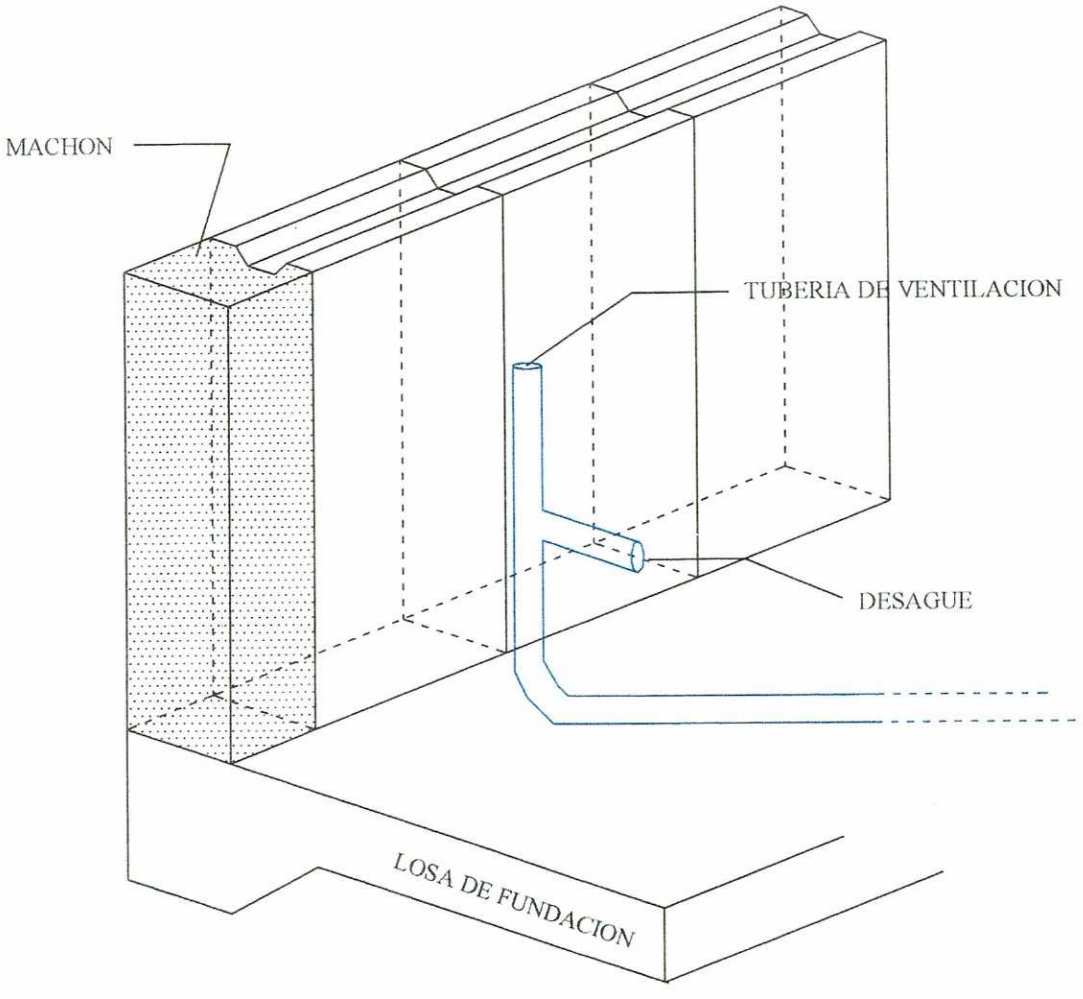
III.4. MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS

El éxito de este sistema de prefabricación desde el punto de vista de calidad y rendimiento económico dependerá de que la producción de los elementos se realice en planta fija a pie de obra con un suficiente radio de acción para facilitar la distribución a todas las áreas del proyecto, en la figura (3.4-A) puede observarse la distribución tipo de una planta de fabricación de elementos prefabricados.

Una vez definidas todas las características de las piezas a prefabricarse debe procederse a la fabricación de los moldes que regirán la producción de los elementos constructivos.

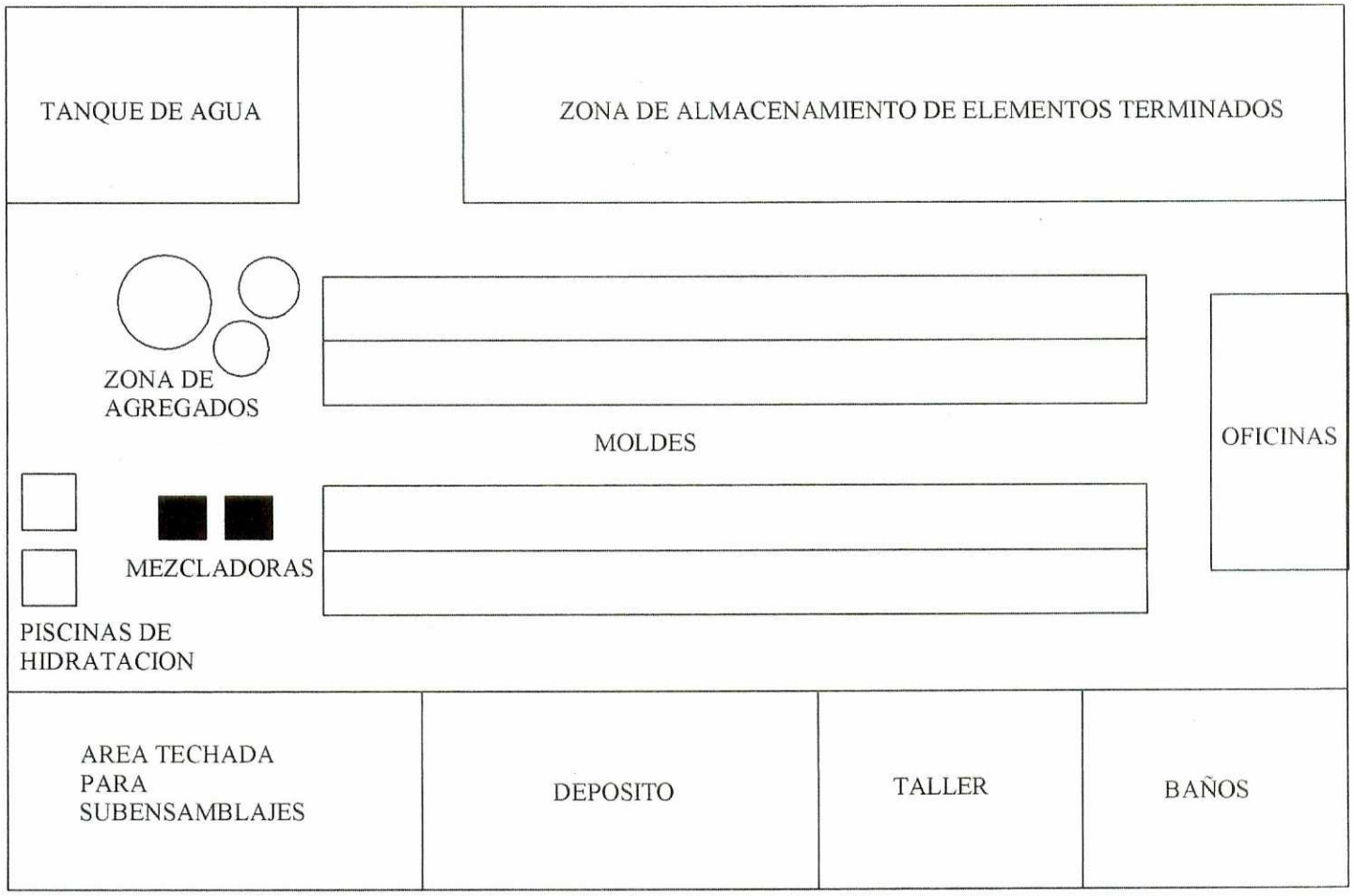
III.4.1. Moldes:

Los moldes están conformados por planchas metálicas dobladas en taller que actúan como encofrados que confinan el concreto vaciado, los cuales estarán apoyados sobre una plancha metálicas que funcionan como fondo del molde. El objetivo de estas características del molde es evitar el pandeo que deformaría la pieza y con una mayor resistencia aumentar su período de vida útil para ser utilizado el mayor número de veces. (Figura 3.4-B).



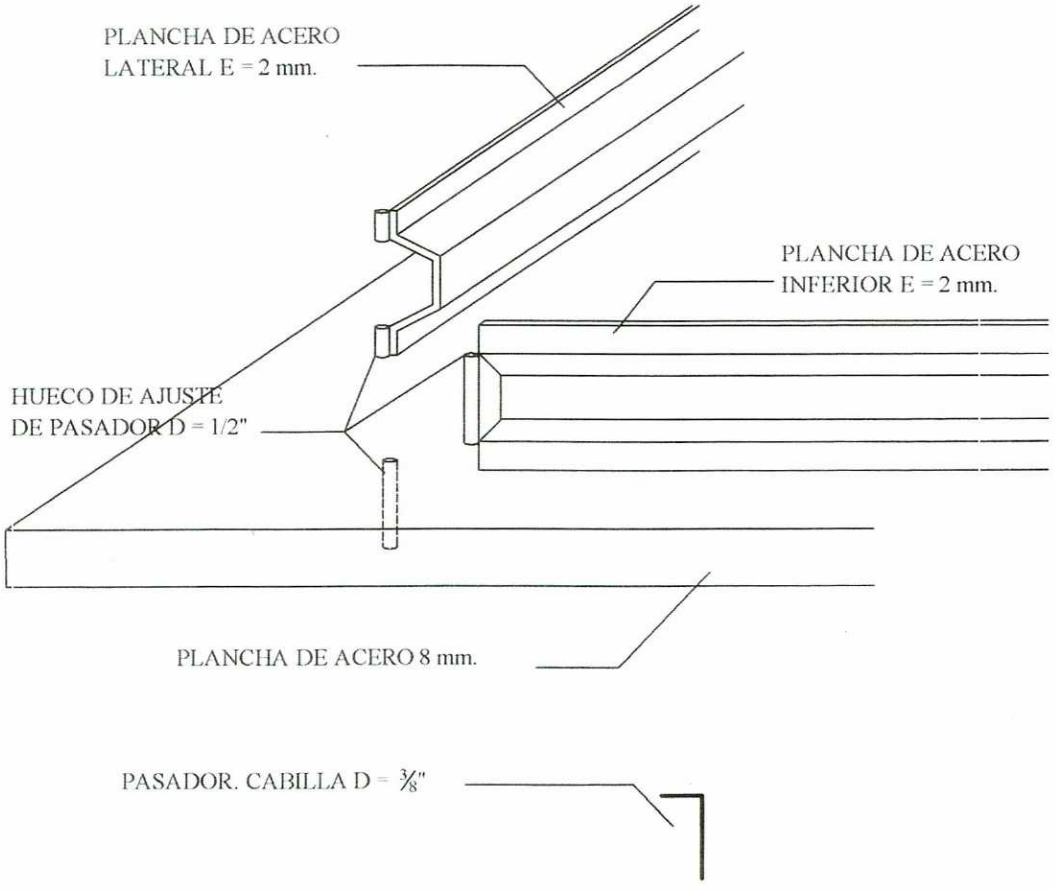
INSTALACIONES
SANITARIAS EN PARED

FIGURA "3.3-B"



DISTRIBUCIÓN DE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE

FIGURA 3.4-A



MOLDE PARA VACIADO DE ELEMENTOS DE PARED

FIGURA 3.4-B

Dado que el sistema propuesto esta conformado por elementos de pared de altura variable a ancho de 0,40 y 0,30 m, el lado superior y uno de los lados laterales se construyen dé manera que puedan colocarse para conseguir cualquier dimensión, la plancha superior se fabrica de varias formas con el fin de conseguir superficies achaflanadas, dos aguas, desbastadas, etc. (Figura 3.4-C.)

El molde para elementos de techo tiene una consideración especial ya que lleva el desbaste lateral, para ello se fabrica una plancha doblada donde se perforan los huecos para el paso de las cabillas de amarre, este molde solo tiene un lado deslizable dado que el ancho es constante. (Figura 3.4-D).

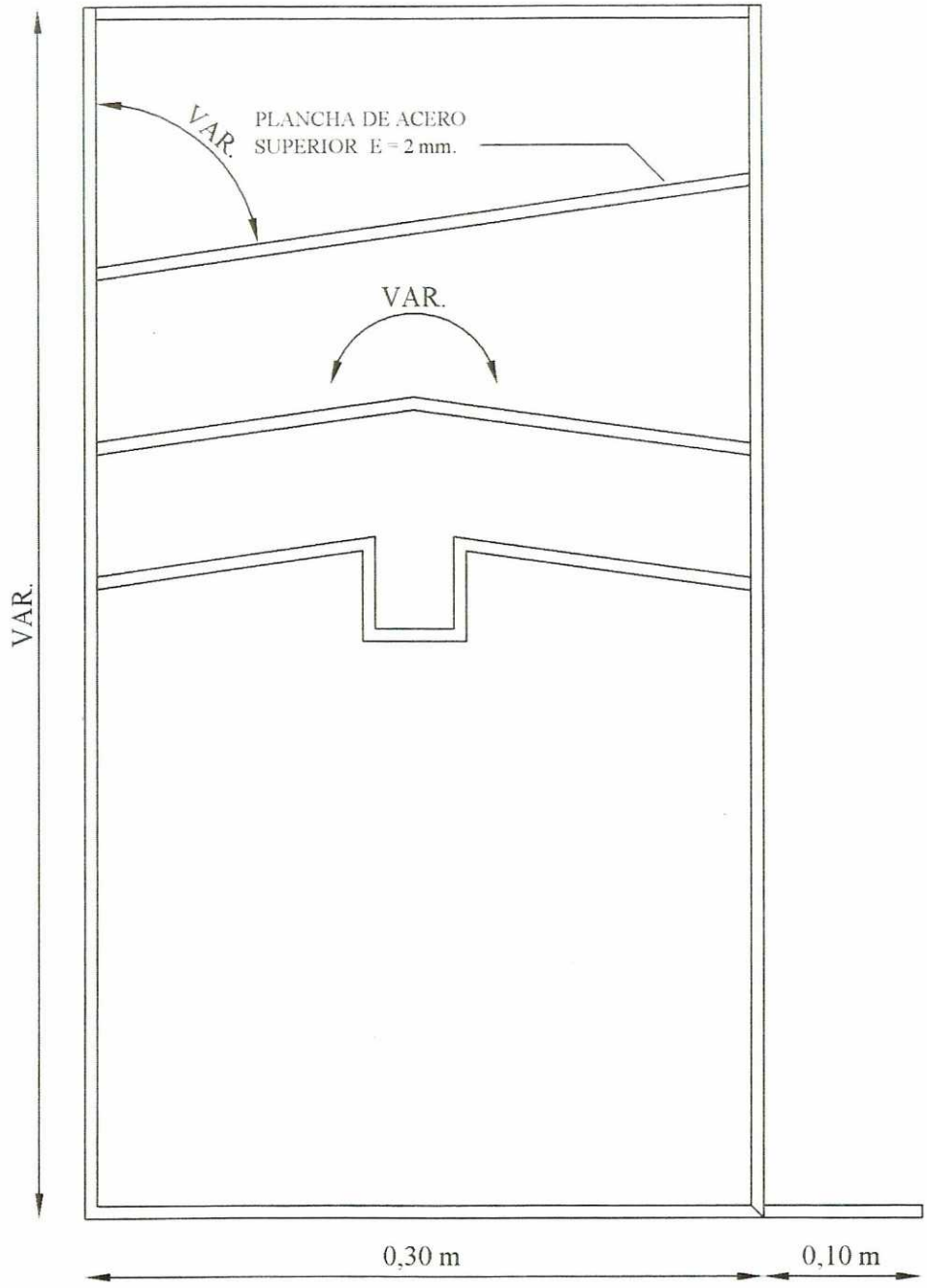
Adicionalmente, el molde lleva la consideración de que se colocan pasadores en los perfiles o paredes del molde para fijar el encofrado a la plancha de fondo, evitando el movimiento y permitiendo un encofrado y desencofrado rápido y sencillo. (Figura 3.4-E).

Desde el momento en que se realiza el vaciado y una vez transcurridas 5 o 6 horas pueden retirarse los perfiles para la reutilización de los moldes. Para el izamiento o elevación de las piezas ya elaboradas se utilizan los ganchos de izamiento.

III.4.2. Mesas de vibrado.

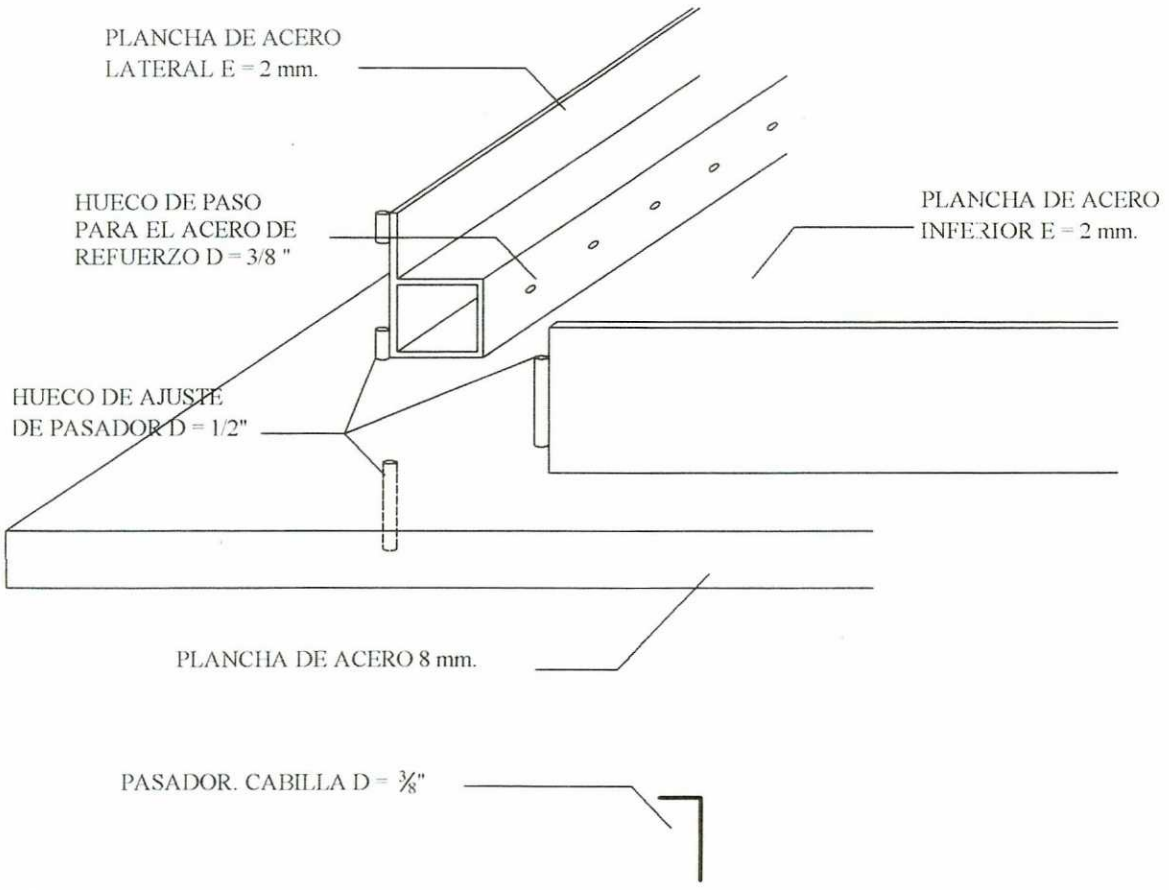
El proceso de vibrado puede realizarse de diferentes maneras, el método propuesto simplifica este proceso y disminuye la necesidad de mano de obra al momento del vaciado.

El mecanismo en si, consiste en una plancha metálica, que sirve como fondo de los moldes, las cuales están colocadas sobre un sistema de resortes y sobre la



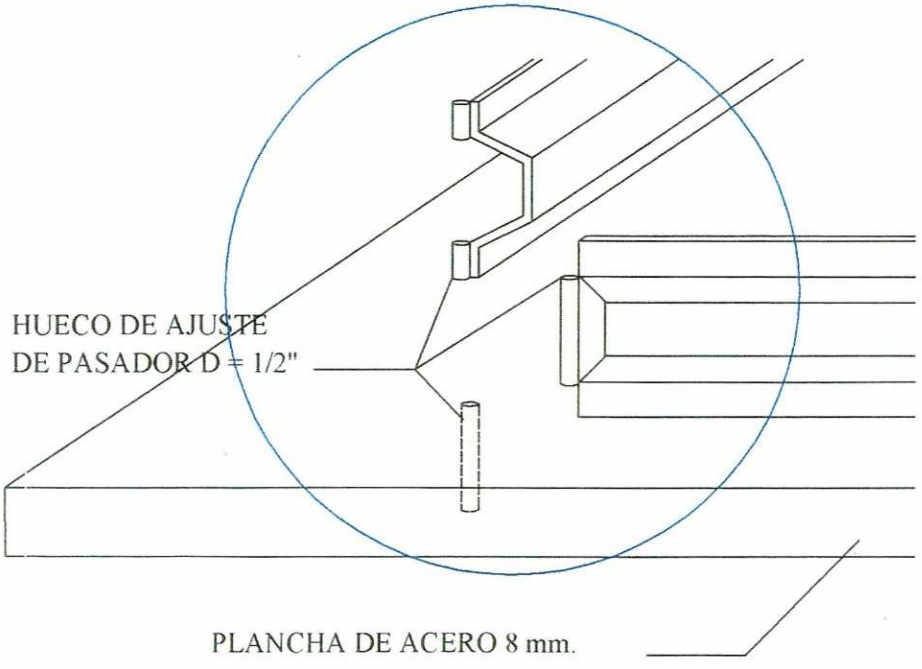
MOLDE PARA VACIADO DE ELEMENTOS DE PARED
FORMAS CONSEGUIDAS VARIANDO PIEZA SUPERIOR

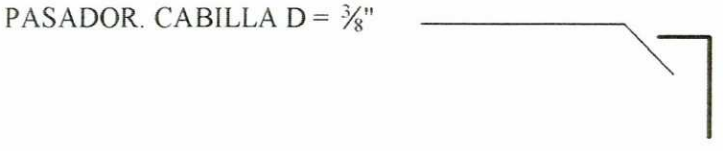
FIGURA 3.4-C



MOLDE PARA VACIADO DE ELEMENTOS DE TECHO

FIGURA 3.4-D





SISTEMA DE PASADORES PARA MOLDES

FIGURA 3.4-E

cual se coloca un motor de pequeño caballaje con una masa excéntrica en el extremo de su eje. El movimiento producido por el motor induce la vibración del concreto, consiguiéndose una mezcla homogénea y el relleno de todas las secciones del molde. (Figura 3.4-F).

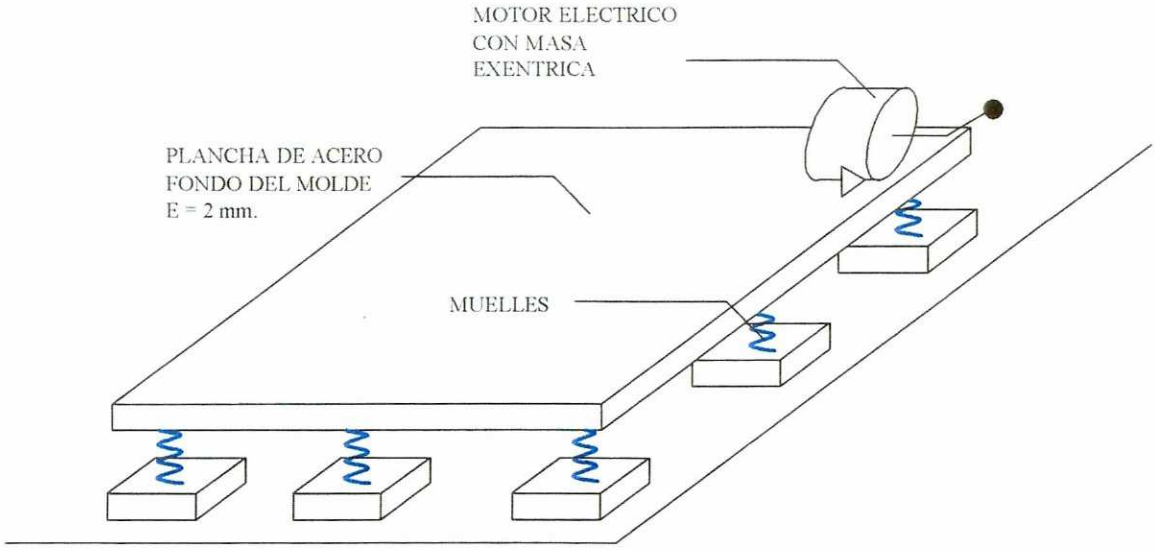
III.4.3. Proceso productivo.

La labor de fabricación de los elementos se inicia con el acondicionamiento, limpieza y engrasado de los moldes. Posteriormente se realiza el ensamblaje dependiendo de la pieza que se quiera fabricar y se procede a fijarlos al fondo con los respectivos pasadores.

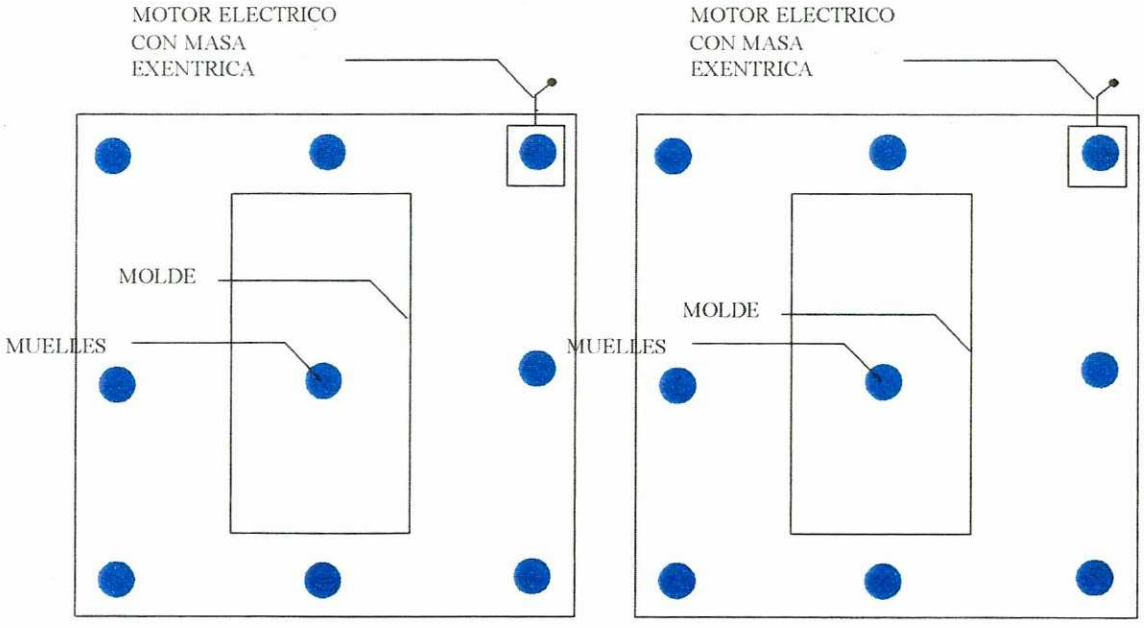
Una vez colocados los moldes en posición, los plomeros y electricistas proceden a colocar las instalaciones eléctricas, sanitarias y el acero de refuerzo, a continuación se coloca la malla electrosoldada suspendida por separadores para asegurar la posición de la misma dentro del elemento.

Es importante resaltar que algunos elementos deben ser fabricados con desbaste de alguna forma específica o pueden ser requeridos según las necesidades de la obra, esto puede conseguirse mediante la colocación de madera o anime como encofrado en la zona a desbastar.

Se procede a los trabajos de mezclado del concreto mediante mezcladores convencionales tipo trompo y transportándolo en carretones hasta el lugar de vaciado, la dosificación del concreto se realiza según las especificaciones propias del Aliven para conseguir la resistencia deseada, la dosificación escogida es aquella que ofrece una resistencia de 250 kgf/m2 y la cual se presenta a continuación:



MESA DE VACIADO



CONJUNTO DE MESAS

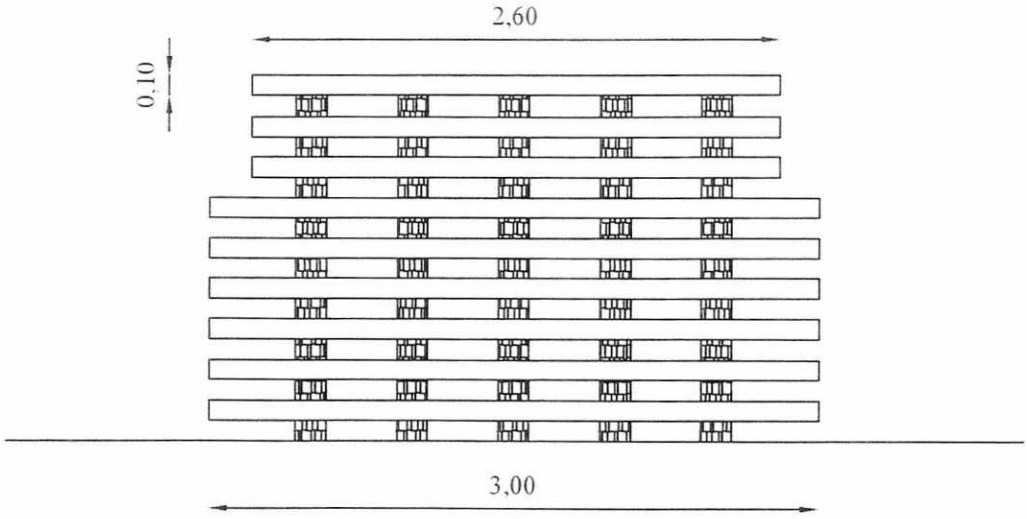
FIGURA 3.4-F

MATERIAL	UND.	CANTIDAD
Aliven Granular Grueso	M3	0,6
Aliven en Polvo	M3	0,3
Cemento	Saco (42,5 kg)	8
Agua	Litros	19

Debe tomarse en consideración que el Aliven es un material que absorbe gran cantidad de agua, por lo que al momento de ser utilizado este debe haber pasado por un proceso de hidratación, el cual consiste en mantener el agregado en piscinas llenas de agua durante 24 horas antes del mezclado, de no realizarse esta operación el Aliven absorberá el agua de la mezcla evitando que se consiga la resistencia adecuada.

A continuación se comienza el vaciado en los moldes, realizando inspecciones periódicas sobre el sistema de vibrado y sobre la homogeneidad del concreto, el mecanismo de vibrado debe encenderse al momento de comenzar el vaciado y apagarse diez minutos después de haberlo terminado. Posteriormente, se espera el tiempo necesario para el fraguado y se retiran los moldes para su reutilización.

Una vez finalizado el proceso de fraguado se transportan los elementos mediante montacargas a los patios de almacenaje donde son colocados horizontalmente uno sobre otro separados por listones de madera, evitando de esta forma la ruptura de los elementos por golpes y roces. (Figura 3.4-G). Es importante resaltar que la utilización de montacargas es simplemente por facilidad en planta y no porque el peso de los elementos lo requiera.



SISTEMA DE ALMACENAJE EN PLANTA

FIGURA 3.4.-G

Las dimensiones de los elementos hacen posible el transporte al sitio de obra mediante camiones normales de plataforma, sin necesidad de recurrir al uso de camiones "low-boy" lo cual implicaría mayores costos y chóferes mas especializados.

III.5. FUNDACIÓN

El modelo propuesto contempla la construcción de la fundación según métodos tradicionales. La fundación depende del tipo de suelo sobre el cual piensa construirse la vivienda, sin embargo, el peso de la misma señala que en la mayoría de los casos es suficiente la construcción de una losa de fundación y vigas riostra. No obstante, debe hacerse un análisis en este aspecto en cada caso de construcción.

Las vigas riostra antes mencionadas tienen una altura variable según sea el caso, un ancho de 30 cm dado que este es el ancho de una pala de punta redonda. La losa de fundación tiene un espesor de 10 cm y cubre toda el área de la vivienda, donde se prevee la colocación de las instalaciones sanitarias y eléctricas que estén en el proyecto.

III.6. TOLERANCIA EN ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Los principales problemas en los procesos de construcción con elementos prefabricados se presentan durante la fase de montaje de las piezas. Esto se debe a que el ensamblaje de los elementos prefabricados exige alta precisión en la construcción de los mismos y es frecuente que sean necesarias ciertas correcciones que retrasan las operaciones normales. Para solventar este problema se debe tener un

criterio claro de control de las dimensiones de los componentes del sistema y del montaje.

No es posible ejecutar ninguna especificación dimensional con una precisión del cien por cien, por esto para asegurar la unión de los diferentes elementos deben acotarse las variaciones dimensiónales entre ciertos límites a los cuales denominaremos "TOLERANCIAS".

"La tolerancia se define como la diferencia total entre las dimensiones máximas y mínimas permitidas"

El sistema de prefabricación propuesto permite obtener piezas cuyas dimensiones finales se asemejan con bastante exactitud a las dimensiones proyectadas, pues se usarán moldes construidos con materiales resistentes.

Para la definición de las tolerancias aceptables en el sistema propuesto nos apoyaremos sobre la base de la norma industrial alemana DIN (Tolerancias en las Dimensiones en Construcción Industrial) la cual relaciona la dimensión del elemento prefabricado con la tolerancia aceptada para cada dimensión del elemento. En el cuadro siguiente se encuentra la tabla resumen de las tolerancias aceptadas por el sistema antes mencionado.

TOLERANCIA EN mm PARA DIMENSIONES EN mm

Menos de 100	100-250	250-1000	1000-2500	2500-10.000	>10.000
+/- 2	+/- 3	+/- 5	+/- 6	+/- 8	+/- 10

Al aplicar estas normas a cada uno de los elementos del sistema propuesto se obtiene lo siguiente:

- Elementos de pared: es necesario aplicar este criterio de tolerancia a cada dimensión por separado, en el caso de la altura estos elementos pueden variar entre 2,50 m y 3,00 m, por lo que la tolerancia aceptada es de +/- 8 mm. Esto quiere decir que, por ejemplo, para en elemento de 2,60 m se acepta como dimensión aquella comprendida entre 2,592 m y 2,608 m. Sin embargo, al momento de colocar elementos de pared con esta diferencia se generan escalones que modifican la horizontalidad de los elementos de techo, la solución para este problema se consigue mediante el enrasado de la parte superior de las paredes al momento de colocar la cabilla superior de arrostramiento y el vaciado de la canal.

En lo referente a la dimensión horizontal (40 cm y 30 cm) obtenemos valores de tolerancia de +/- 5 mm, aceptándose aquellos elementos cuya dimensión horizontal se encuentre entre 39,5 cm y 40,5 cm para los elementos de 40 cm, y entre 29,5 cm y 30,5 cm para los de 30 cm. El problema de la diferencia en esta longitud es que los elementos son colocados continuos unos de otros lo que genera la acumulación de las tolerancias. La solución se presenta muy sencilla por dos razones principales, la primera es el hecho de que las paredes ortogonales se unen mediante machones vaciados en sitio los cuales pueden ser modificado en obra si las diferencias son pequeñas, y segundo la posibilidad de combinar elementos de 30 cm y 40 cm en caso de que las diferencias sean muy grandes.

Es importante señalar que el control de calidad en el proceso productivo debe ser muy bien concebido, evitando la producción en masa de elementos con dimensiones fuera de los rangos permitidos y realizando inspecciones y ajuste periódicos a los moldes para disminuir los errores de dimensionado.

- Elementos de techo: Los elementos de techos no presentan problemas en lo referente a tolerancia, en primer lugar porque el ancho de los elementos no se ve enmarcado ni debe cumplir especificaciones dimensiónales tan exactas, y en segundo lugar por que el largo de los elementos contempla los aleros del techo lo cual permite en un momento dado la colocación de un elemento de diferente longitud sin modificar la estructura ni los sistemas de anclajes. Sin embargo, se aplica el criterio a las dimensiones del elemento y se obtiene que para un ancho de 40 cm la tolerancia aceptada es de +/- 5 mm mientras que para un largo de 4 m a 6 m la tolerancia aceptada es de +/- 8 mm.

III.7. CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad puede aplicarse mediante el entrenamiento de personal técnico para la supervisión de los diferentes aspectos de producción, especial atención debe prestarse al ensamblaje de los moldes de vaciado, lo cual determina la exactitud de las dimensiones de los elementos producidos. De igual manera debe supervisarse la fase de vaciado de los elementos, el correcto vibrado, colocación de malla, ganchos de izado e instalaciones eléctricas y sanitarias. Los elementos deben ser medidos una vez desencofrados y eliminados antes del almacenaje todos aquellos que no cumplan con los requerimientos de tolerancia establecidos.