



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

UNIVERSIDAD DE CUENCA

**MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES
PRIMERA EDICIÓN**

**DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS
CON SOLUCIONES PREFABRICADAS**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)**

AUTOR: JAIME XAVIER NIETO CARDENAS

DIRECTOR: ROBERTO GAMON TORRES

Cuenca, Junio 2014

RESUMEN

El Ecuador se considera como un país sísmico, y lamentablemente las viviendas que se construyen diariamente de manera tradicional son vulnerables a efectos de carga sísmica y su calidad depende de la mano de obra, por esta razón, la necesidad de investigar nuevas soluciones que permitan generar viviendas estructuralmente seguras, económicas y confortables.

En países en desarrollo, con circunstancias de déficit habitacional similares al Ecuador, se ha observado que la solución que presenta calidad y cumple con el objetivo de generar vivienda propia a las comunidades, es la prefabricación; como es el caso de Chile, Colombia y Cuba, que han generado proyectos de vivienda a gran escala, ya sea para ayuda en casos de emergencia o en proyectos sociales.

Basados en esta situación, y con la experiencia de construir varias estructuras soportantes en acero, se enfoca el estudio de la presente tesis, en investigar qué soluciones prefabricadas existen en el mercado nacional, cuáles son sus características y usos recomendables, de tal manera que se puedan acoplar a la estructura de acero, y generar un producto final de calidad y estructuralmente seguro.

La vivienda prefabricada diseñada, cumple con el objetivo de ser desmontable y recuperable en el caso de emergencias o movimiento de suelos inesperados.

La prefabricación permite controlar la calidad de los elementos elaborados en taller, y el éxito global se garantiza cuando se diseñan las conexiones de tal forma de eliminar los errores en el montaje, para no generar viviendas defectuosas o de mala calidad.

Para finalizar, se compara los presupuestos de cada edificación, para evaluar cuál es la más económica, y sumando las ventajas adicionales, concluir que edificación presenta mayores beneficios a los usuarios.

Palabras clave: prefabricación, estructura en acero, construcción en seco

ABSTRACT

Ecuador is considered a seismic country and unfortunately the traditional homes being built every day are vulnerable to seismic load effects, it is quality depends on labor therefore; new solutions to generate structurally safe, economic and comfortable housing are needed.

It has been observed that in developing countries with similar circumstances to Ecuador's housing shortage, the solution that has presented quality and meets the objective of generating housing communities is prefabrication. We find examples in Chile, Colombia and Cuba, where housing projects have been generated on a larger scale to either help in cases of emergency or social projects.

Based on this situation and with the experience of building several steel supporting structures, the study of this thesis focuses it is research on which prefabricated solutions exist in the domestic market, what are their characteristics and best recommended uses so that they can be adhered to steel structure thus generating a product that is both high quality and structurally secure.

The manufactured home design will meet the objective of being removable and recoverable in the event of emergencies or unexpected movement of soils.

Prefabrication allows quality control of the materials produced at the workshop as well as designing connectors to eliminate assembly errors and not generating defective or low quality housing designs.

Lastly, the cost estimates for each building is compared to assess which is the most economical and by adding the additional benefits, conclude what building structure is of greater benefit to users.

Key words: prefabrication, steel construction, drywall construction.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1.- LINEAMIENTOS.....	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
1.4 JUSTIFICACION.....	15
1.5 HIPÓTESIS.....	16
1.6 METODOLOGÍA.....	17
1.7 ALCANCE.....	18
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....	21
CAPITULO 2.....	21
2.1 RESEÑA HISTORICA.....	21
2.1.1 LA PREFABRICACION EN JAPON.....	23
2.2 ESTADO DEL ARTE.....	25
2.2.1 PRESENTACIÓN.....	25
2.2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA.....	25
2.2.3 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA.....	29
2.2.4 PREFABRICADOS Y LOS DESASTRES.....	30
2.2.5 EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA A PARTIR DE NUESTROS DIAS.....	32
2.2.6 PROCESOS INNOVADORES PARA DISEÑO Y ENTREGA DE EDIFICIOS IFD.....	33
2.3 INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN.....	34
2.3.1 DEFINICIONES.....	34
2.3.2 INDUSTRIALIZACIÓN.....	36
2.3.3 PREFABRICACIÓN.....	44

2.3.4	TRANSPORTE Y MONTAJE.....	53
2.4	PREFABRICACION EN EL ECUADOR.	58
2.4.1	EMPRESAS QUE PREFABRICAN VIVIENDAS.	59
2.4.2	OTRAS TIPOLOGÍAS CON DIFERENTE ARQUITECTURA... 73	
2.4.3	EMPRESAS QUE FABRICAN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	74
2.4.4	EMPRESAS QUE FABRICAN PERFILES EN ACERO PARA ELABORAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	77
	CAPÍTULO 3.- SISTEMAS PREFABRICADOS.	79
	CAPITULO 3.....	79
3.1	CIMENTACIÓN.....	79
3.1.1	INTRODUCCION.....	79
3.1.2	TIPOS DE CIMENTACIONES.....	80
3.1.3	ZAPATAS PREFABRICADAS.....	82
3.1.4	EMPRESAS DEDICADAS A ESTA ACTIVIDAD.....	83
3.1.5	PROYECTOS.....	84
3.2	ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	85
3.2.1	INTRODUCCIÓN.....	85
3.2.2	PREFABRICACIÓN EN HORMIGÓN.....	85
3.2.3	PREFABRICACIÓN EN ACERO.....	87
3.2.4	EMPRESAS QUE SE DEDICAN A ESTA ACTIVIDAD.....	92
3.2.5	PROYECTOS.....	93
3.3	ESTRUCTURAS DE PISO.....	93
3.3.1	INTRODUCCIÓN.....	93
3.3.2	ESTRUCTURAS DE PISO EN HORMIGON.....	94
3.3.3	ESTRUCTURAS DE PISO EN ACERO.....	95
3.3.4	EMPRESAS Y PROYECTOS.....	98
3.4	TABIQUERÍA.....	98
3.4.1	INTRODUCCION.....	98

3.4.2	TABIQUERÍA RECOMENDADA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO.....	99
3.4.3	GENERALIDADES DE ESTA TIPOLOGÍA DE TABIQUERÍA. 102	
3.4.4	EMPRESAS Y PROYECTOS.....	104
3.5	ESCALERAS.	104
3.5.1	INTRODUCCIÓN.....	104
3.5.2	ESCALERAS PREFABRICADAS.....	105
3.6	CUBIERTA.....	110
3.6.1	INTRODUCCION.....	110
3.6.2	ESTRUCTURA DE CUBIERTA.....	110
3.6.3	PLANCHAS DE CUBIERTA.....	112
3.6.4	INSTALACIÓN.....	114
3.6.5	EMPRESAS, PRODUCTOS Y PROYECTOS NACIONALES. 115	
3.7	FACHADA.....	116
3.7.1	INTRODUCCIÓN.....	116
3.7.2	FACHADAS PREFABRICADAS.....	116
3.7.3	EMPRESAS, PRODUCTOS Y PROYECTOS NACIONALES. 120	
	CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE LA VIVIENDA.....	121
	CAPITULO 4.....	121
4.1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	121
4.1.1	RECOMENDACIONES.....	121
4.1.2	DISEÑO.....	122
4.2	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	124
4.3	DISEÑO FINAL DE LA VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.....	127
4.3.1	CIMENTACIÓN.....	127
4.3.2	ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	128
4.3.3	ESTRUCTURAS DE PISO.....	129

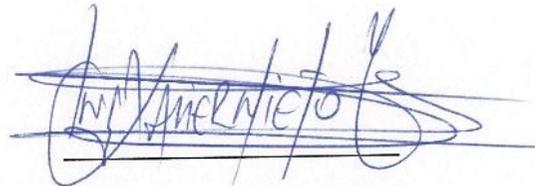
4.3.4	TABIQUERÍA.....	130
4.3.5	ESCALERAS.....	131
4.3.6	CUBIERTA.....	132
4.3.7	FACHADA.....	133
4.3.8	RESUMEN DE LA VIVIENDA.....	134
CAPÍTULO 5.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		135
CAPITULO 5.....		135
5.1	ALCANCE DEL PRESUPUESTO.....	135
5.2	PRESUPUESTO DE LA VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.....	136
5.3	PRESUPUESTO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL.....	137
5.4	COMPROBACIÓN POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCIÓN Y POR TIEMPO DE EJECUCIÓN.....	138
CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		139
AGRADECIMIENTO.....		145
CAPÍTULO 7.- BIBLIOGRAFIA Y LINKOGRAFIA.....		147
ANEXOS.....		151



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

JAIME XAVIER NIETO CARDENAS, autor de la tesis “DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS CON SOLUCIONES PREFABRICADAS”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, junio 2014



JAIME XAVIER NIETO CARDENAS

C.I: 0104027826



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

JAIME XAVIER NIETO CARDENAS, autor de la tesis "DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS CON SOLUCIONES PREFABRICADAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Junio 2014



JAIME XAVIER NIETO CARDENAS

C.I: 0104027826

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi *familia*...

Al egresar de la Maestría, mi familia se constituía por mis padres y hermano, pero con el tiempo, y las circunstancias de la vida, la familia, con la que comparto sobre mis vivencias y experiencias, ha crecido, siendo ahora:

mis padres,

Quienes nunca han dejado de ser mi apoyo.

mi hermano,

Quien siempre ha eliminado la rutina de nuestra familia con sus situaciones.

mis abuelos,

Quienes se convirtieron en mis segundos padres.

mis tías,

Siempre han sido mi mano derecha.

mi mascota,

Que transforma malas jornadas de trabajo en alegría.

Y en especial a *mi esposa,*

Quien a pesar de la distancia, no deja de estar siempre a mi lado.

A todos ustedes, que bajo el manto de Dios, están siempre entregándose su amor, les dedico este trabajo.

DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.

CAPÍTULO 1.- LINEAMIENTOS.

“... en la mayoría de los países latinoamericanos se vende prácticamente lo que se construye, lo bueno, lo malo y lo desastroso debido al déficit de vivienda. Esto empieza a cambiar con la consolidación de los mercados, así como por los niveles de exigencia de la demanda. Al tener varias ofertas de vivienda es común que las variables, calidad, tiempo de ejecución y precio del producto sean de gran impacto en la decisión final de compra.”¹



Foto 1.- HABITAT 67. Complejo Residencial localizado en Montreal (Canadá). Ejemplo de viviendas prefabricadas en masa.

Fuente: www.jacobogordon.com/habitat-67.

1.1 INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, el incremento de la población, con necesidades de vivienda, han obligado al mundo de la construcción evolucionar permanentemente, llevando a ingenieros y arquitectos a buscar soluciones de viviendas de bajo costo y tiempos de construcción reducidos.

Entendiendo la responsabilidad que tienen los profesionales de la construcción, es necesario pensar en la calidad, menores desperdicios, tiempo y costo, siendo la prefabricación una excelente opción para cumplir con todos los parámetros mencionados y dejar de lado la construcción tradicional, pesada y lenta.

¹ MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel–Sistema Manoportable*. ASOCRETO, 1^{era} Edición, Bogotá-Colombia. Pág. 1.



Foto 2.- Construcción en zonas de riesgo. Quebradas. Publicación web del Diario Hoy. 18/enero/2011.

Fuente: www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/deslizamientos-80-barrios-en-riesgo.



Foto 3.- Construcción en zonas de riesgo. Zonas de movimiento de suelos.

Fuente: El Autor. Parroquia Cojitambo, Azogues-Cañar.

En busca de informar los beneficios de las viviendas prefabricadas como otra tipología constructiva, nace la presente investigación, que tiene como objetivo el diseñar una vivienda con soluciones prefabricadas, que presente ventajas en seguridad y costo con respecto a las viviendas tradicionales.

La vivienda se diseña con soluciones prefabricadas armables –estructura soportante de acero, la tabiquería y pisos con uniones empernables- para que un gran porcentaje de la edificación pueda ser reutilizable, para ello se investiga las soluciones que permitan que la edificación sea desarmable y construida en soluciones secas, dándole versatilidad constructiva, es decir, que pueda edificarse en zonas urbanas, rurales, zonas de riesgo y/o de difícil acceso.

La investigación culmina con el análisis técnico-económico de una vivienda con métodos tradicionales –los mismos que no han evolucionado en tecnología constructiva- y la presentada al final de esta tesis; esto permite evaluar cual tipología constructiva es superior.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La demanda de viviendas por el déficit habitacional, ha llevado a un grupo de profesionales de la construcción dejar de lado la tecnología y la calidad para dar espacio al mercado de bienes raíces, donde se vende todo lo que se construye, sea bueno, malo o desastroso; dejando la calidad y la seguridad como segundo plano.

Construcciones mal ejecutadas, sin cumplir indicaciones de los códigos vigentes en el país siguen realizándose con errores estructurales, –códigos que son aceptados como recomendaciones en nuestro país, y no como ley, como sucede en países vecinos- cuales son cubiertos con mortero en enlucidos y con acabados arquitectónicos, y presentando el producto final como una vivienda de “buena calidad”, engañando a los próximos usuarios.

Si la tecnología constructiva no mejora en nuestro medio, y se cree que lo tradicional está bien, como mencionan los albañiles de experiencia: -experiencia empírica, sin conocimientos teóricos, y basada por su amplio tiempo de constructores- “si en cincuenta años no ha sucedido nada con la



Foto 4.- Vivienda colapsada, construida en tipología tradicional. Edificada en zonas de riesgo.

Fuente: El Autor. Parroquia Cojitambo, Azogues-Cañar.

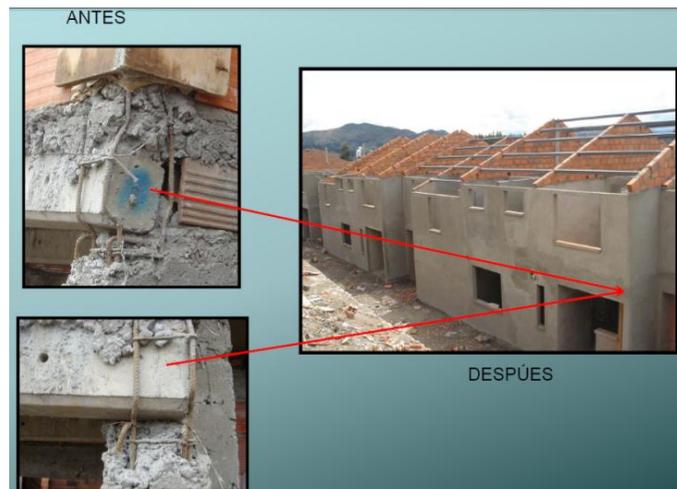


Foto 5.- Vivienda que muestra problemas constructivos que comprometen la seguridad estructural, cubierto posteriormente por enlucidos.

Fuente: Clases de Sismoresistencia. Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería Civil. Ing. Enrique García. MSc.

casa, pues no fracasará nunca”; es cierto, las viviendas construidas sin calidad aceptable no han sufrido daños mayores, porque ventajosamente no han sido evaluadas bajo cargas sísmicas importantes, -no olvidemos que nuestro país está en una franja de alta actividad sísmica- pero el momento que se genere un sismo de magnitudes importantes, nuestras edificaciones colapsarán, debido a la vulnerabilidad sísmica que presentan.

Además el poco avance tecnológico en la construcción tradicional, considerando como construcción tradicional a las viviendas elaboradas con mampuestos de ladrillo de arcilla o bloques de cemento y una pobre estructura de hormigón armado, con hormigones elaborados en sitio, sin control de calidad y dependiendo de la experiencia del albañil; sumado a esto, los beneficiarios de las viviendas, por ahorros económicos prefiere construir bajo la supervisión de un albañil que de un profesional, poniendo en riesgo la calidad y durabilidad de la edificación.

Pero no se puede culpar a los usuarios de elegir siempre la construcción tradicional para edificar sus viviendas, el hecho de que no existan diversas opciones constructivas, obliga a las personas a seguir prefiriendo esta tipología de construcción. Si bien existen sistemas combinados entre acero, tabiquería con mampuestos y madera, no son más que el resultado de experimentaciones empíricas para construir, que no generan confianza en la gente y además no respetan los códigos ni detalles constructivos.

Esto ha motivado que realice la presente investigación, para ofrecer una nueva tipología constructiva, con un producto final de calidad, confortable y sobre todo seguro, debido a que vivimos en un país sísmico, y debemos respetar códigos para evitar desastres a futuro.

Además, el diseño final de esta investigación puede ser adoptada como una técnica alternativa de construcción para la gente de bajos recursos que suele construir en zonas de riesgo, ya sean rellenos, quebradas o lugares donde existe un movimiento constante de suelo por fallas geológicas; pero, que por la necesidad de vivir bajo un techo, invierten sus pocos recursos económicos en construir en estas zonas peligrosas, que con el pasar del tiempo, destruyen sus casas.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar una vivienda de dos plantas con estructura sismoresistente utilizando soluciones prefabricadas que se acoplen a las condiciones climáticas de Cuenca.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Investigar las características de los diferentes sistemas prefabricados existentes en la actualidad en el mercado nacional e internacional.
- Analizar las especificaciones técnicas de diseño y procesos constructivos de los sistemas prefabricados para identificar cuales pueden acoplarse a nuestro medio.
- Identificar los problemas comunes que se presentan en la manufactura de casas prefabricadas para poder controlar estos inconvenientes en el diseño de la vivienda de estudio.
- Diseñar la estructura de acero de la vivienda cumpliendo los requerimientos sísmicos necesarios para una edificación en la Ciudad de Cuenca.
- Completar el diseño de la vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas, con tecnologías y materiales existentes en el mercado nacional.

1.4 JUSTIFICACION.

Desde el punto de vista de la ingeniería, las viviendas construidas por la técnica tradicional, sin control de calidad, con un legado artesanal basado en mano de obra de experiencia empírica, no han evolucionado en tecnología, obteniendo como resultado viviendas de baja calidad, tanto de confort como seguridad estructural.

La costumbre de nuestros pueblos de construir con materiales tradicionales, ha cerrado las puertas a nuevas tecnologías constructivas, como lo es el prefabricado –técnica que ha evolucionado a pasos agigantados a nivel mundial- dejando a un lado la innovación en construcciones de viviendas o edificaciones de altura.

De este freno cultural existente en nuestro medio, con respecto a soluciones alternativas de construcción, surge la necesidad de investigar una nueva tipología constructiva, basada en la prefabricación y sus diferentes soluciones, para presentar a nivel de diseño, una vivienda que garantice la seguridad estructural, eliminando la vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas construidas tradicionalmente.

Además, demostrar las ventajas de la manufactura en construcción de viviendas: menores tiempos de construcción, tecnificación de procesos, reducción de errores, menores desperdicios, estructuras más livianas que generan menos costos en cimentación, por ende una economía favorable para el usuario.

En vista de la urgente necesidad de indagar en soluciones que favorezcan a la comunidad, se busca aprovechar las ventajas estructurales del acero para generar la estructura soportante de la vivienda, y de analizar las soluciones prefabricadas que se adapten a la estructura formando así una vivienda segura y confortable para sus usuarios, y con la responsabilidad y compromiso profesional con la comunidad, se presenta esta investigación que busca mejorar la tecnología constructiva y la seguridad de los habitantes de la zona austral de nuestro país.

1.5 HIPÓTESIS.

Con la presente investigación, se desea solventar las siguientes hipótesis:

El mercado nacional de materiales de construcción, entre sus productos, consta con soluciones adecuadas que permitan una construcción de calidad en: tabiquería, pisos, cubiertas y fachadas; que generen confort y confianza estructural de la vivienda.

El trabajar con pernos para enlazar columnas y vigas metálicas, generaran dificultad en el diseño y en el proceso constructivo de armado de la estructura soportante de la vivienda, debido al dimensionamiento real de la perfilería doblada al frio, que difiere del dimensionamiento teórico presentado en manuales técnicos, por la tolerancia de fabricación.

El diseñar una vivienda con soluciones prefabricas, que presente calidad, confort y seguridad estructural, será más costosa o económica que una vivienda construida con tipología tradicional, bajo las mismas condiciones arquitectónicas.

En caso de que la vivienda diseñada sea favorable económicamente, y que presente ventaja referente a tiempo de ejecución y seguridad estructural, convirtiéndose en una solución alternativa de construcción, será capaz de cambiar la mentalidad y la costumbre de la gente para dejar atrás el método tradicional de construcción.

1.6 METODOLOGÍA.

La metodología a utilizar para el desarrollo de la presente tesis es la descriptiva, con una investigación aplicada², donde se estudian los diferentes sistemas prefabricados de vivienda, bajo un método de análisis y síntesis³, escogiendo las mejores soluciones que se acoplen con el objetivo planteado; esto se llevará a cabo con el siguiente método de estudio:

1. Se conoce la historia de la prefabricación, conceptos, avances, problemas; los proyectos significativos, tanto en lo positivo como en lo negativo, para adquirir el conocimiento del nacimiento, evolución y tendencia.
2. Se investiga las soluciones prefabricadas a nivel mundial y nacional, sobre el material, indicaciones de armado, las especificaciones técnicas; por necesidad, es decir, para cimentación, estructura, pisos, tabiquería, escaleras, cubiertas y fachada; para discernir las mejores soluciones adaptables a nuestro medio.
3. Luego de analizar las soluciones prefabricadas existentes en el medio, en especial sus dimensiones y recomendaciones de uso, se procede a la distribución arquitectónica, -realizada con la dirección de un profesional del área- luego el diseño estructural, con uniones emperrables, que garanticen el armado y desarmado de la estructura soportante de acero.
4. En la estructura soportante, se analiza el acople de las diferentes soluciones prefabricadas, con el mismo objetivo de buscar que la

² Investigación aplicada: su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado.

Fuente: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/metodologia/Tema4.html>

³ Método de análisis: conocimiento que se inicia por la identificación de las partes, para establecer la relación causa-efecto de los elementos que componen el objeto de investigación.

Método de síntesis: proceso de conocimiento que procede de las causas a los efectos, de los principios a las consecuencias.

Fuente: <http://www.slideshare.net/kriss2505/tipos-de-metodos-de-investigacion>

CAPITULO 1. LINEAMIENTOS

- vivienda sea armable y desarmable, sin dejar de ser segura y comfortable.
5. Se realiza la evaluación económica, al presupuestar la vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas, para luego compararla con una vivienda de disposición arquitectónica similar, pero con materiales y técnica constructiva tradicional, para observar cuál de las viviendas presenta menor costo.
 6. Se procede a concluir sobre el estudio realizado y los resultados obtenidos.
 7. Finalmente se anexan los planos descriptivos generales y detalles de la vivienda prefabricada.

1.7 ALCANCE.

A continuación se delimita las acciones a realizar con la presente investigación:

Se realiza el diseño de una vivienda unifamiliar de dos plantas, con soluciones prefabricadas, libre de construcciones adyacente, en un terreno de buenas condiciones portantes, de topografía plana, con la fachada frontal dirigida hacia el Norte.

La vivienda consta de dos plantas, con la finalidad de diseñar el sistema de entepiso, la primera planta descansa sobre losa de hormigón correspondiente a la cimentación.

En la cimentación, se analizará la posibilidad de trabajar con la tipología tradicional, o adoptar alguna solución prefabricada, pero sin duda alguna, el material será hormigón armado, debido a sus características y resistencia al contacto con el suelo, garantizando la durabilidad y seguridad de la cimentación.

Para enlazar la subestructura –cimentación- y la superestructura –la estructura que se encuentra por encima de la cimentación- se diseñaran las placas de anclaje, que se empernarán en obra a la cimentación, pero la placa de metal formará parte de las columnas de la vivienda.

La estructura soportante de la vivienda se diseñara en acero, con columnas, traveses y vigas con perfiles de acero estructural ASTM A36 doblado al frio, y conectado mediante pernos, permitiendo el ensamblaje y desarmado de la estructura.

La estructura será diseñada de tal manera que soporte las cargas sísmicas que indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción versión 2011 (NEC 2011) para la zona del Austro, de igual forma, la solución de conexión mediante pernos deberá cumplir con las indicaciones constructivas y diseño para garantizar una excelente conexión.

La vivienda se modulará con el objeto de reducir al máximo los desperdicios en la estructura de acero, de igual manera con los paneles que conformaran las tabiquerías y fachadas.

El diseño se basará en la solución tomada en un proyecto existente en Ranón-Asturias (España). Creado por la oficina de arquitectura: Ecosistema Urbano Arquitectos; finalizada en 2005.⁴

Las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas serán visibles, pero evitando un aspecto desagradable desde el punto de vista arquitectónico.

De las diferentes soluciones prefabricadas que existan en el mercado se elegirá la que presente mejores condiciones técnicas, y se diseñara la forma de acople con la estructura de acero.

Finalizado el diseño con las soluciones prefabricadas, se procederá a definir los acabados básicos de la vivienda, y se realizará el análisis de precios unitarios y presupuesto total, para comparar el precio final de la vivienda con una construida bajo la misma distribución arquitectónica y con la tipología tradicional.

Se elaboran planos generales, constructivos y de detalle de las conexiones, para anexar al final del estudio, además imágenes que indican el armado de elementos estructurales y conexiones en los nudos, además de especificaciones técnicas de alguna solución prefabricada especial.

⁴ El proyecto se puede observar en la siguiente bibliografía: COSTA D. Sergi (2009), *NEW PREFAB-Arquitectura prefabricada*, Reditar libros, México. Pág. 62.

También disponible en la Web <http://www.casaprefabricada.org/es/casas-prefabricadas-acero-y-madera>

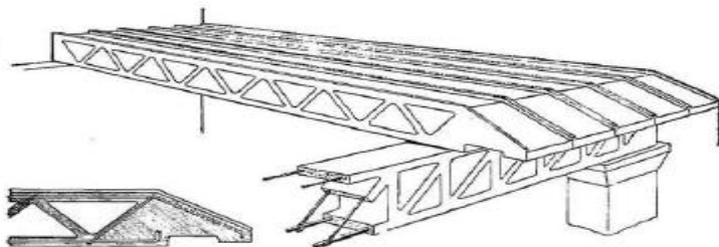


Imagen 1.- Vivienda en madera, construida con tipología “Ballon Framing”.

Fuente:<http://www.1stdibs.com/furniture/more-furniture-collectibles>

Imagen 2.- Esquema de las vigas “Visintini” para terrazas.

Fuente:http://www.cehopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Cemento_Armado_A%F1oIII_1903_n12.pdf



CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.

2.1 RESEÑA HISTORICA.

El nacimiento de los sistemas prefabricados se remonta a Estados Unidos alrededor del año 1810, cuando inicia la conquista de territorio, y hacia 1860, cuando la migración llega hasta la costa del pacífico.

Este acontecimiento acarrió la necesidad de edificar viviendas de inmediato, debido al rápido crecimiento poblacional.

En efecto, “... para solucionar la demanda de viviendas se recurrió a la utilización de los materiales disponibles en el lugar (madera), y a conceptos de practicidad, velocidad y productividad originados en la Revolución Industrial. La combinación de estos conceptos y materiales gestaron lo que hoy conocemos como Ballon Framing.”⁵

Los textos indican que en el año de 1848 la embarcación de Lambot, y en 1849 la Maceta de Flores de Monier, son los primeros inicios de la prefabricación en Europa, pero se considera que las primeras piezas prefabricadas, destinadas a soportar carga son las vigas de hormigón del Casino de Biarritz, realizadas por la empresa constructora Ed. Coignet, de Paris, en el Año de 1891.

En 1990 en Brooklyn (E.E.U.U.) se registra la fabricación de elementos de grandes dimensiones para cubiertas, construyendo placas de hormigón y colocándolas sobre una estructura de entramado metálico. Igual manera en este país, en Pennsylvania en 1905, se construye unos forjados para un

⁵ CORCUERA S. Mónica (2009), *Estudio de investigación para el desarrollo de viviendas sociales de bajo coste en la Ciudad de Lima-Perú*. Universidad Politécnica de Catalunya. Tesis de Posgrado. Pág. 8.



Foto 6.- Casino de Biarritz. Francia.

Fuente: <http://www.iadat.org/iadat-e2005/>



Foto 7.- Izaje de pared construido con sistema tilt-up.

Fuente: <http://studio21arquitecturaingenharia.blogspot.com/2012/08/sistema-tilt-up.html>

edificio de cuatro plantas, construyéndose in situ solamente los pilares del edificio.

Nuevamente en Europa, en 1906 aparecen las primeras vigas en celosía, llamadas “Visintini”, que llegaron a tener un éxito considerable.

Para 1907, en New Village (E.E.U.U.), se fabrican las piezas para la construcción de un edificio industrial, las piezas fueron fabricadas en el lugar de la obra, por la empresa Edison Portland Cement Co, Data de este mismo año la implementación del sistema “Tilt-up” –proceso de hormigonar paredes de forma horizontal sobre el piso, para luego ser levantadas y colocadas en posición vertical-.

Jhon E. Conzelman, en 1912, patenta un sistema basado en la fabricación de varias piezas para construir viviendas completas en hormigón armado, siendo este método adoptado para la construcción de diversos edificios de varios pisos.

Luego de la Primera Guerra Mundial, llega la escasez de materiales y mano de obra, lo que encareció los costos de construcción, los constructores se preguntaban: ¿Por qué construir dos veces?, refiriéndose a la construcción en madera –de encofrados o formaletas- y la definitiva en hormigón. Este conflicto desarrolló un interés en el desarrollo de la prefabricación, siendo en ese entonces la elaboración de piezas de hormigón pre-esforzado el medio que ayudo a reducir los costos de mano de obra.

Obras de importancia con este método podemos mencionar: la nave industrial destinada al almacén de tubos de los Servicios Municipales de Obras de Subsuelo de Múnich –Alemania-, construida por la empresa Wayss & Freytag KG en 1926.

La firma Dycherkhoff & Widman KG realizó construcciones con placas nervadas de gran tamaño que fueron empleadas en cubiertas y forjados para soportar sobrecargas de tránsito hasta de 500 Kg/m². Estas placas tenían una sección tipo “T”. Con este método se construyeron naves y edificios con luces de hasta 10 m.

Una obra que merece citarse, construida en acero y hormigón, es la realizada por el Ingeniero Italiano Pier Luigi Nervi, -Nervi por su novedosa manera de construir con hormigón armado, consiguió que esta tecnología sea la más utilizada en la época-, el Hangar Orvetello para aviones de las Fuerzas Aéreas Italianas en las cercanías de Roma, con una luz de 36 m y 110 m de longitud, apoyado solo en 6 puntos; esta obra fue realizada colando el hormigón en los apoyos en obra, y armando las cerchas

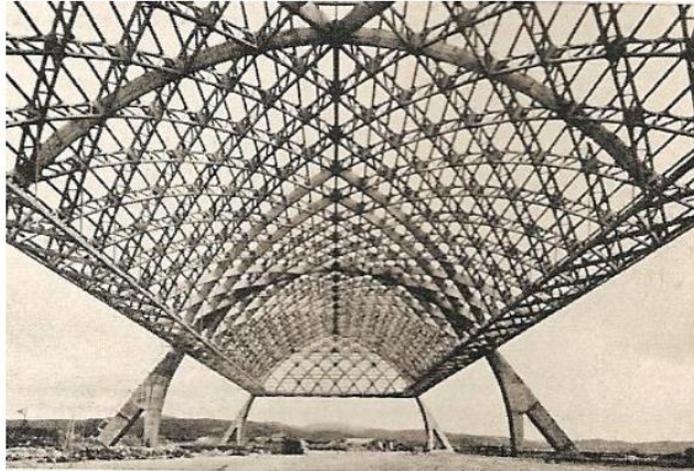


Imagen 3.- Estructura del Hangar Orvetello. Roma-Italia. Por Pier Luigi Nervi.

Fuente:http://www.fceia.unr.edu.ar/darquitectonico/darquitectonico/data/pdf/2012_1_nervi.pdf

diagonalmente entremadas, en piezas de 3 m de longitud, unidas en sus extremos por soldadura, hasta generar la estructura completa.

Luego se produjo la Segunda Guerra Mundial, donde el diseño y el proceso constructivo fue realizado de manera convencional, pero existieron dos factores importantes que impulsaron más la prefabricación en masa, siendo estos: el desarrollo de la grúa para trabajo pesado en camión con motor, y la rápida aceptación y desarrollo de técnicas y equipo para soldadura eléctrica.

En Francia, comienza la industrialización de la construcción, cuando se observa la necesidad de solventar 250.000 viviendas por año luego de la guerra.

La fábrica Montesson fue la primera en el mundo en ofrecer un sistema industrializado y recibió en 1952 un contrato para la construcción de 4.000 viviendas en paneles prefabricados con un plazo de dos años para la entrega total.

En 1953 y 1954 se realizó la operación Lopofa, cuyo objetivo era desarrollar un aserie de sistemas constructivos con los cuales se pudieran elaborar 36.000 viviendas, realizando un concurso para construir 12.000 viviendas por año, con 10 participantes. Esto llevó a que entre 1952 y 1956 existiera ayuda gubernamental con la cual se promovía la industrialización de viviendas.

En la actualidad, en países desarrollados, la prefabricación se elabora con cualquier tipo de material, siendo los más predominantes el hormigón post o pre-esforzado, el acero y la madera; mostrándose como mayor presentador de construcciones prefabricadas el país de Japón, razón por la cual se dará un vistazo a la historia de la construcción japonesa a continuación.

2.1.1 LA PREFABRICACION EN JAPON.

Dos puntos principales han marcado la historia de la vivienda en Japón: la Restauración Meiji de 1868 (el cambio desde el sistema feudal Shogun al nuevo cuerpo imperial del gobierno Meiji) y la derrota japonesa en la Segunda Guerra Mundial en 1945.

La ciudad de Edo –nombre que tuvo Tokio hasta 1868- estaba saturada de casas de madera, la posibilidad de un incendio que se extendiera por la ciudad preocupaba a la comunidad; como resultado, las técnicas de



Foto 8.- La cabina Agri-cube de la actual Daiwa House Industry Company,

Fuente: <http://www.nbcnews.com/technology/grow-10-000-heads-lettuce-your-parking-spot-918506%3A&imgrefurl>

construcción, desmantelamiento y reconstrucción mejoraron de manera espectacular en un periodo de tiempo relativamente corto.

Después de la Restauración imperial Meiji, la cultura y la ciencia invadieron el archipiélago japonés. En este período, se implementaron en un primer momento las técnicas arquitectónicas y de albañilería a fin de crear viviendas perdurables construidas con materiales duraderos y de gran calidad.

Durante la guerra, las casas urbanas quedaron reducidas a cenizas. La demanda de vivienda aumento una vez más después del boom de la natalidad (1947-1950) y, al mismo tiempo, una milagrosa recuperación económica condujo a una rápida y creciente demanda, entre la población general, de casas de estilo occidental y duraderas.

En este período, la Daiwa House Industry Company, que empezó vendiendo simples casas hechas de tubos de fundición, desarrollo la estructura de chapa de acero fina conocida como *midget house* o casa diminuta, que daría origen a las casas actuales prefabricadas japonesas. La aparición de los grandes almacenes marco el comienzo de una nueva era en la venta de viviendas.

La Sekisui Chemical Company, una empresa de plásticos, llego a dominar la elaboración industrializada de este material, y desarrollo los paneles de plástico, adoptando la tecnología innovadora de la construcción por unidades normalizadas.

Estas dos empresas construyeron casas y desarrollaron otros métodos de venta. En la actualidad, Sekisui entrega más de 20.000 casas completamente acabadas al año, mientras que Daiwa fabrica aproximadamente unas 110.000 anuales, una cifra que la convierte en una de las compañías más importantes.

Un gran número de viviendas japonesas, es fruto de las técnicas de prefabricación. En 1996, el porcentaje de casas unifamiliares prefabricadas alcanzo un crecimiento del 12 – 18%. En 1999 se construyeron 1.266.000 nuevas viviendas, de las cuales el 21% eran prefabricadas –alrededor de 257.400-, siendo el máximo porcentaje de viviendas de este tipo en un país. El resto de países del mundo no llegan al 10% de viviendas prefabricadas con respecto al total de viviendas nuevas, por estos importantes porcentajes Japón se ha convertido en una de las principales producciones de viviendas prefabricadas a gran escala.

Empresas actuales dedicadas a este mercado son: SIKISUI CHEMICAL, con fabricación de más de 23.000 viviendas anuales, distribuida en 8



Foto 9.- Proyecto de vivienda de TOYOTA HOME, donde incluyen sistemas para acoplar sus vehículos híbridos.

Fuente: <http://jayker.net/2008/08/toyota-home-para-personas-eco-conscientes/>



Imagen 4.- Textos que presenta proyectos prefabricados que se relacionan adecuadamente con el ecosistema.

Fuente: <http://www.amlibros.com/libros/arquitectura/el-gran-libro-de-las-casas-prefabricadas.html>

factorías estratégicamente ubicadas para mermar costos de transporte y montaje. ASAH KASEI, especializada en construcción tipo Mecano, que innova constantemente con sus sistemas sismoresistentes para viviendas prefabricadas. Podemos mencionar más fábricas como MISAWA, PANAHOME, TAISEI, y últimamente la empresa motora, TOYOTA, tiene montada una planta TOYOTA HOMES, para fabricar viviendas con estructura metálica y recubrimiento de hormigón ligero.

2.2 ESTADO DEL ARTE.

2.2.1 PRESENTACIÓN.

Al hablar de prefabricación de viviendas, se debe analizar cuatro continentes: Europa, América, Australia y Asia; debido al volumen de construcción existente, con la mitad de proyectos de procedencia europea como: Australia, Alemania y varios de Estados Unidos, pues se trata de tres de los países que gozan con mayor tradición en la industria del prefabricado.

La construcción en la actualidad se relaciona con el ecosistema, con la protección del medio ambiente, en busca de que la vivienda sea amigable con su entorno, esto ha convertido a Europa en referencia en prefabricado, con la incursión de profesionales con visión moderna y ecologista, generando una mentalidad diferente al momento de pensar en proyectos de vivienda, donde el objetivo va guiado a diseñar viviendas no contaminantes, con espacios minimalistas, pero que a su vez, considerando la crisis económica mundial, esta vivienda no sea costosa y sea edificada en el menor tiempo posible.

2.2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA.

ORIGEN:

Mónica Corcuera –arquitecta peruana- menciona en su tesis de posgrado que en nuestros países en subdesarrollo la vivienda se construye con



Foto 10.- Imagen que muestra la mala calidad en algunas viviendas prefabricadas, que generan el rechazo social a los proyectos industrializados.

Fuente: <http://saladeinfo.wordpress.com/2013/09/>



Foto 11.- Ejemplo de vivienda prefabricada de acero.

Fuente: <http://casasprefabricadasmodulares.es/>

métodos tradicionales, es decir, de manera artesanal, porque se dificulta la obtención de un número grande de viviendas a corto plazo y con menor coste de ejecución.⁶

La construcción prefabricada nace inicialmente como un intento de reducir precios y aumentar la rapidez de la construcción; para ello se crearon procesos de repetición, modulación, integración, normalización y optimización, así como también se idearon varias estrategias en las que parte del proceso constructivo se trasladaba a las fábricas.

Después de la Segunda Guerra Mundial, este sistema de prefabricación tuvo mayor desarrollo, ya que había que construir mucho y había que hacerlo rápido y barato, pues no existía dinero en cantidad.

La construcción prefabricada se extendió por Europa, pero lo hizo con mayor fuerza en los países más industrializados y hubo menos efecto en los países poco industrializados; dando como resultado la creación de una fuerte industria de construcción prefabricada en algunos países europeos.

Dentro del proceso de prefabricación se ha considerado como un gran problema, el no evolucionar de manera adecuada, prácticamente se ha quedado en una etapa inicial, a pesar de que la tecnología actual permite construir todo tipo de edificios con una alta calidad a un precio reducido.

La razón de estancamiento se ha debido, fundamentalmente, al rechazo social. Este rechazo se basa, en que las primeras viviendas prefabricadas construidas en los países antiguos eran pequeñas, de mala calidad y con un aspecto poco arquitectónico; por ello, a pesar de la enorme evolución y rapidez de los actuales sistemas de construcción prefabricada, el ciudadano continúa teniendo la misma percepción original de este tipo de construcción.

Por otro lado, tras la caída del comunismo, en los países del Este se siguieron construyendo viviendas prefabricadas. Éstas en realidad tenían buena calidad (hay quien piensa que son las mejores viviendas que se han construido en los últimos cinco años), pero los ciudadanos ya habían asociado el concepto de vivienda prefabricada a las carencias del régimen

⁶ CORCUERA S. Mónica (2009), *Estudio de investigación para el desarrollo de viviendas sociales de bajo coste en la Ciudad de Lima-Perú*. Universidad Politécnica de Catalunya. Tesis de Posgrado. Pág. 3.



Foto 12.- Ejemplo de vivienda prefabricada mixta en estructura soportante de acero y tabiquería de madera.

Fuente: <http://www.casaprefabricada.org/es/casas-prefabricadas-acero-y-madera>



Foto 13.- Ejemplo de vivienda prefabricada en madera.

Fuente: <http://ahorrar.com.uy/invertir/casas-prefabricadas-en-uruguay/>

comunista. Por ello, al rechazar dicho régimen, implícitamente se repudian las viviendas prefabricadas.⁷

Igual situación se genera en Latinoamérica, donde la prefabricación se la ve como un mito, algo que no se conoce, y los ciudadanos se rehúsan a habitarlas. La gente desea vivir en lo tradicional, sin importar el confort o el beneficio económico que puede ofrecer una vivienda prefabricada.

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS Y LA LIBERTAD DE DISEÑO:

Se pueden identificar tres etapas diferentes en el progreso de los sistemas constructivos industrializados y prefabricados.

Se desarrollaron productos con soluciones tipológicas -clasificación y estudio en tipos o clases de un conjunto de elementos- muy rápidas, que realmente limitaron los procesos constructivos de los arquitectos.

Se desarrollaron productos que permitieron una cierta elección de los diseños, y el objetivo era crear sistemas de componentes semi-abiertos. Estos sistemas facilitan, por parte de los proyectistas, el desarrollo de una variedad limitada de tipologías a partir de diseños de componentes muy elevados pero de poca flexibilidad.

La prefabricación evoluciona de manera adecuada gracias al intercambio de ideas y experiencias entre especialistas diseñadores y técnicos constructores, que han ido estableciendo reglas, adquiriendo costumbres y modalidades, que por su determinado y específico carácter se han convertido en leyes en países extranjeros.

En la actualidad se está generando un tercer momento en el uso de sistemas industrializados. Ahora se construyen sistemas prefabricados que son completamente abiertos, capaces de proporcionar una gran variedad de posibilidades de desarrollo de diseño de tipologías. Con la tecnología actual, y los avanzados sistemas computarizados, prácticamente se puede construir en fábrica cualquier componente de un edificio para ser montado en obra.

⁷ COSTA D. Sergi (2009), *NEW PREFAB-Arquitectura prefabricada*, Reditar libros.México. Pág. 62.

SISTEMAS DE PREFABRICACIÓN A BASE DE MADERA, ACERO Y HORMIGON ARMADO:



Foto 14.- Ejemplo de vivienda prefabricada en hormigón.

Fuente:<http://www.arquitectura-bioclimatica.net/aprende/viviendas-prefabricadas/>



Foto 15.- Fotografía en fábrica de vivienda industrializada de acero.

Fuente:<http://www.lacasaporeltejado.eu/blog/atigos-industrializados-estructura-de-acero/>

La construcción prefabricada en Europa se basa fundamentalmente en el uso de tres materiales: la madera, el acero y el hormigón armado. La construcción industrializada basada en la madera ha tenido una máxima utilización en la última década.

Cuando el precio medio de la construcción de casas habituales ronda los 1000 euros/m² en España, una construcción prefabricada de madera apenas supone unos 600 euros/m².

En Europa la construcción industrializada y prefabricada basada en módulos y perfilaría de acero tiene una incidencia mayor en el mercado. De hecho, en España se construyen unas 12000 viviendas al año con módulos de acero. Sin duda, este hecho se debe a la percepción social de que la construcción con acero es más robusta y duradera que la construcción con madera. La construcción prefabricada metálica se extiende todavía más en edificios tales como colegios, hoteles, gasolineras y recintos administrativos en general.

Las ventajas de este tipo de construcción se basan en que puede llegar a ser un 30% más económica que la convencional, y los plazos de edificación pueden dividirse por tres como mínimo.

La industria de prefabricados de hormigón en Europa está marcado un patrón importante en la reducción de agentes contaminantes: hasta un 45% en la utilización de materiales tradicionales, un 30% en el uso de energía eléctrica y un 40% menos en residuos de demolición. En los últimos años, se han construido varias plantas de reciclaje de hormigón, y las futuras plantas de prefabricación funcionarían como un sistema cerrado, en el que todo se procesará, reciclará e industrializará para producir nuevos elementos para la construcción.

Incursionar en la industria de la prefabricación depende de un estudio económico, para observar si la demanda cubre los gastos de inversión en maquinaria, considerando que la prefabricación conlleva el trabajo coordinado de profesionales formados en la prefabricación y equipos y máquinas que generalmente son costosas.

2.2.3 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA.



Foto 16.- Fotografía del montaje en obra, de un elemento industrializado en célula tridimensional.

Fuente:

<http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/374197-Revolucionario-sistema-de-construccion-industrializada.aspx>



Foto 17.- Vivienda prefabricada del proyecto Katrina Cottages.

Fuente: <http://www.katrinacottagehousing.org/>

Acoplar la construcción con la industrialización es un reto que trae sus beneficios en varios aspectos, como eliminar defectos, seguridad de la edificación y seguridad de los trabajadores; es común que en obras construidas tradicionalmente se generen accidentes laborales, ya sea por descuido o por el riesgo mismo de ejecutar proyectos donde existen demasiados materiales pesados en altura -por ejemplo encofrados y apuntalamiento para losas, andamiaje para mamposterías, etc.- que convierten la obra en zona de riesgo; esto muestra una razón más para incursionar en nuevas tecnologías que modifiquen la ejecución de procesos constructivos existentes en nuestros países latinoamericanos.

Es importante mencionar que la industria automotriz se movió de la producción artesanal a la producción en serie hace más de 100 años, aunque hoy en día se continúa discutiendo como lograr este cambio en la industria de la construcción. La mayoría de las personas piensa que la producción en serie es sinónimo de producción de grandes volúmenes, o como una línea de ensamble relativamente sencilla, estandarizada y con productos con poca variación.

Sin embargo una visión más apoderada y acorde a la mentalidad de la ingeniería civil puede ser la definición de George Chrystolouris quien mencionó: “Manufactura es el proceso de transformación de materiales y/o información en bienes que satisfagan las necesidades humanas.”⁸

Al hablar de industrialización en construcción, es esencial INNOVAR, ya sea en base a una nueva o una actual técnica, que genere un cambio en la cultura, con el objetivo de mejorar procesos aplicando tecnología.

El sector de la construcción se ha caracterizado por ser uno de los campos en el que las innovaciones son un proceso lento, donde buena parte aún se considera como trabajo artesanal, lo cual a su vez genera una gran resistencia al cambio o la modificación del *status-quo*.⁹

⁸ MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel–Sistema Manoportable*. ASOCRETO. Bogotá-Colombia, Pág. 3.

⁹ **Status quo** (pron. [estátu-kuó]) es una locución latina, que se traduce como «estado del momento actual», que hace referencia al estado global de un asunto en un momento dado.



Foto 18.- Restaurante adecuado en una vivienda prefabricada, construido luego del tsunami en Japón.

Fuente:

<http://www.discovernikkei.org/pt/journal/2013/12/16/rikuzentakata-a-2/>



Foto 19.- Casas rodantes pertenecientes a la FEMA, para solventar problemas de vivienda en desastres en los E.E.U.U.

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/16663065/Algo-grande-esta-por-suceder-Super-Megapost.html>

2.2.4 PREFABRICADOS Y LOS DESASTRES.

Los daños ocasionados por los desastres naturales son incalculables, siempre ocasionan pérdidas millonarias en bienes y pérdidas lamentables de seres humanos.

Un desastre natural no solo hace daño al momento que se genera, sino tiempo después, al dejar una zona desbastada sin servicios públicos y en circunstancias de salubridad peligrosas.

La necesidad urgente de mejorar la situación de la gente saca a relucir la capacidad de las autoridades para responder adecuadamente a catástrofes de esta magnitud.

La demanda de soluciones habitacionales en estas circunstancias es urgente, por ejemplo, luego del impacto de Katrina en Agosto de 2005 en Nueva Orleans, la capacidad de la Agencia Federal de Manejo de Emergencia (FEMA, por sus siglas en inglés) no compensó la cantidad necesaria de ayuda en soluciones habitacionales.

La FEMA, aportó con remolques preparados para emergencias, pero fue notorio la reacción negativa de la gente para acoplarse a este tipo de soluciones habitacionales emergentes.

Dado las ayudas gubernamentales a la zona afectada de Luisiana, se observó que era necesario implementar un proyecto grande, invirtiendo millones de dólares para investigación de soluciones habitacionales que respondieran adecuadamente a la ecología y a las necesidades básicas de las familias.

El proyecto elegido cumplió con el diseño esperado, con aislamiento basado en textiles, que generan una capa de aislación al interior de la vivienda, permitiendo que las conexiones se realicen en la parte intermedia de la tabiquería.

Este sistema prefabricado agilitó la regeneración de las zonas afectadas, por su velocidad de edificación, ayudando a sobresalir a la comunidad del problema.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Statu_quo



Foto 20.- Soluciones prefabricadas temporáneas para solventar problema de vivienda luego del terremoto de 2010 en Chile

Fuente:<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/04/minvu-recomendaciones-generales-para-la-instalacion-de-viviendas-de-emergencia/>



Foto 21.- Vivienda prefabricada diseñada por el Arq. Andrés Duany, para los damnificados de Haití.

Fuente:<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/03/08/refugios-temporales-para-haiti-andres-duany/>

Con la experiencia de Katrina, las ayudas realizadas para los damnificados del Huracán Sandy, -que golpeó a Estados Unidos en octubre 2012- fue llevada de mejor manera, cubriendo la necesidad de techo con la ayuda de viviendas prefabricadas rodantes.

Otro ejemplo de la utilización de viviendas prefabricadas en desastres se encuentra en Japón, donde en la provincia de Iwate, se entregaron las llaves de las 4000 nuevas viviendas para solventar el problema de vivienda generado luego del mayor terremoto y posterior tsunami registrado en la historia de este país, el 11 de marzo de 2011, este fue uno de tantos programas de vivienda que se llevó a cabo en Japón para ayudar a los damnificados.¹⁰

En Latinoamérica, luego del terremoto y posterior tsunami que se generó en Chile, en febrero de 2010, la costa central sur de Chile quedó desbastada, donde, al igual que el resto de desastres mundiales, la necesidad de un techo y refugio es urgente, pues se optó por soluciones prefabricadas para solventar este problema de vivienda para los damnificados.¹¹

Otro ejemplo interesante de mencionar se da en Miami, el Arquitecto Andrés Duany, -quien fue parte del grupo que diseñó y fabricación de las viviendas para Nueva Orleans en el proyecto Katrina Cottages- propone un diseño de vivienda prefabricada que solventa los problemas de techo y refugio para los damnificados del terremoto de enero 2010 en Haití.

¹⁰ Para mayor información sobre prefabricación y ayuda a Japón en vivienda, puede informarse en los siguientes links:

http://internacional.elpais.com/internacional/2011/04/09/actualidad/1302300010_850215.html

<http://www.abc.es/internacional/20131204/rc-afectados-tsunami-japon-vuelto-201312040356.html>

¹¹ Para mayor información sobre prefabricación y recuperación de vivienda en Chile, puede informarse en los siguientes links:

file:///C:/Users/Ing.%20Jaime%20X%20Nieto%20C/Desktop/Mary%20C_esp%20anold.pdf

<http://chile-hoy.blogspot.com/2010/03/gobierno-subsidiara-casas-prefabricadas.html>

La propuesta era construir y Miami las viviendas y trasladarlas hasta Haití, y garantizaba que los costos eran competitivos a comparación de la construcción tradicional que proponía el Gobierno de este país.¹²

2.2.5 EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA A PARTIR DE NUESTROS DIAS.

La tecnología en Europa y América del Norte ha evolucionado notoriamente, y por tanto, los sistemas de prefabricación permiten realizar, en la actualidad, casi cualquier tipo de edificio. Sin embargo, a pesar de este rápido adelanto tecnológico, la sociedad sigue teniendo una mala percepción de la construcción prefabricada, lo que dificulta su desarrollo y su implantación.

Para evitar que la sociedad siga rechazando este sistema, es importante que los nuevos profesionales incursionen en este mundo de la arquitectura prefabricada.

...de cara al futuro, es importante que se difundan lo más ampliamente posible ejemplos singulares de arquitectura prefabricada. De este modo, la sociedad podrá darse cuenta de que los resultados pueden ser muy atractivos, funcionales, cómodos y además flexibles, sostenibles, económicos y rápidos.¹³

Construcciones a base de elementos y de equipos seguros y respetuosos con el medio ambiente, muestran que las técnicas de prefabricación son seguras y accesibles, y se catalogan como ecológicas, siendo de vital importancia que una técnica que puede contribuir positivamente a la mejora del medio ambiente y que adquiera el principal protagonismo en el mundo de la arquitectura prefabricada.



Foto 22.- Soluciones prefabricadas para el desierto de Chile, una solución sustentable en lugares inhóspitos.

Fuente: <http://www.casaprefabricada.org/es/um-ejemplo-de-construccion-de-casas-prefabricadas-en-el-desierto>

¹² Para mayor información sobre este tema de vivienda en Haití, puede informarse en el siguiente link:
<http://www.enllave.es/actualidad/noticias/2010/01/29/arquitecto-de-miami-propone-casas-para-haiti/>

¹³ COSTA D. Sergi (2009). *NEW PREFAB-Arquitectura prefabricada*, Reditar libros. México, Pág. 11

Actualmente a nivel mundial existen diversos técnicos y empresas proponiendo diferentes soluciones para viviendas, innovando desde su arquitectura hasta sus materiales, en busca de encontrar soluciones que generen confianza y confort a las familias que la habitarán.

En Latinoamérica ya existen diversos investigadores que han realizado estudios para acoplar de alguna manera los sistemas prefabricados o soluciones prefabricadas a las construcciones de cada país, es el caso de Colombia, Perú, Chile, que han basado sus investigaciones en soluciones europeas.

Los países latinoamericanos en su gran mayoría sufren un elevado déficit de vivienda y la única manera de superarlo en un corto plazo, ofreciendo construcciones a menor costo, con una mayor calidad y seguridad, es industrializando la construcción.¹⁴



Foto 23.- Edificio Kubik, un edificio con tecnología IFD, ubicado en el País Vasco.

Fuente:<http://www.elmundo.es/elmundo/2010/06/10/paisvasco/1276181485.html>

2.2.6 PROCESOS INNOVADORES PARA DISEÑO Y ENTREGA DE EDIFICIOS IFD.

Las exigencias en los procesos constructivos y en la calidad cada vez conllevan a edificaciones con mayor economía, como son las futuras edificaciones Desmontables, Flexibles e Industrializadas, (IFD por sus siglas en inglés), que disminuyen aún más el tiempo de entrega de las viviendas.

La investigación y la tecnología han llevado a la industrialización a mejorar la producción en masa, obteniendo productos de calidad, que hacen competitivo el mercado, satisfaciendo a los clientes que exigen mayor calidad a menor precio.

Un mercado ejemplo es el de Holanda, donde su producción se basa en tres fases: base, envoltura y el servicio; entregando a los usuarios viviendas durables y de fácil montaje.

Para generar proyectos de edificaciones IFD, es necesaria una revisión multidisciplinario, donde arquitectos, ingenieros, constructores y todos los

¹⁴ MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel–Sistema Manoportable*. ASOCRETO. Bogotá-Colombia, Pág. vii.

técnicos relacionados con el proyecto, busquen las mejores opciones para entregar al cliente una edificación acorde a sus exigencias, cumpliendo a cabalidad con la calidad del trabajo, diseño, sistemas y materiales.

Los edificios IFD dentro de su morfología y su sistema desarrollado presentan los siguientes atributos:

El cliente tiene la posibilidad de elegir componentes, materiales y acabados según catálogo.

Flexibilidad de cambiar los diseños según requerimiento

Posibilidad de reutilizar componentes

Reducción de los costos de mantenimiento debido a la facilidad de desmontaje para la reparación y el reemplazo.

El sistema IFD, busca ayudar y satisfacer la forma de vida de la gente de clase media, dándoles facilidades para ampliar su hogar, dependiendo del proyecto y sus limitaciones.

2.3 INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN.

2.3.1 DEFINICIONES.

Al hablar de la prefabricación en la construcción se trata temas como la industrialización, mecanización, automatización, robotización y reproducción; llegando a confundirse entre estas palabras y sus conceptos; por esta razón, a continuación se da a conocer diferentes conceptos de estas palabras:

Prefabricación:

- Acción y efecto de fabricar en talleres especializados piezas y partes de una edificación para luego montarles.¹⁵

¹⁵ Diccionario virtual: <http://www.definition-of.net/definicion-de-prefabricaci%C3%B3n>

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

- Sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa, conforman el todo o un aparte de una edificio o construcción.¹⁶

Industrialización:

- Hacer que algo sea objeto de industria o elaboración.¹⁷
- La industria es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados.¹⁸

Mecanización:

- Consiste en proveer a operadores humanos con maquinaria para ayudarles con los requerimientos físicos del trabajo.
- El siguiente paso de la mecanización es la automatización.¹⁹

Automatización:

- Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos²⁰.
- Convertir ciertos movimientos corporales en movimientos automáticos o indeliberados.

Robotización:

- Introducir robots en procesos industriales.²¹

Reproducción:

- Acción y efecto de reproducir o reproducirse.
- Copia de un texto, una obra u objeto de arte conseguida por medios mecánicos.²²

¹⁶ Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Prefabricaci%C3%B3n>

¹⁷ Concepto tomado de la página web de la Real Academia de la Lengua Española.

¹⁸ Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Industria>

¹⁹ Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizaci%C3%B3n>

²⁰ Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n>

²¹ Concepto tomado de la página web de la Real Academia de la Lengua Española.

2.3.2 INDUSTRIALIZACIÓN.

2.3.2.1 Principios de la industrialización.

La industrialización es aplicar estrategias y tecnologías capaces de generar cambio, simplificar procesos, por lo tanto reducir tiempos y costos, basados en los cuatro grados de industrialización (prefabricación, mecanización, automatización y robótica) con la finalidad de duplicar la cantidad de procesos y elementos que se realizan en la construcción tradicional.

Sistema industrializado, es un esquema de construcción que, mediante la adecuada planeación de tareas, selección de equipos y materiales, puede generar elevados rendimientos en obra, optimizar los recursos sin afectar las condiciones económicas y generar fuentes de empleo.

Para conseguir buenos resultados al construir una edificación, se debe adoptar un sistema adecuado y cumplir con un proceso constructivo que garantice la ejecución de la obra y el montaje, para ello es importante la disponibilidad de equipos, accesos y maquinaria; además de contar con mano de obra calificada, la falta o limitación de alguno de estos puede modificar el sistema constructivo.

Los sistemas constructivos necesitan de pocos trabajadores en obra. La mano de obra necesaria para producir un módulo de construcción es cada vez menor, el nivel de especialización de los obreros, puede ser menor que la técnica que poseen los obreros en la construcción tradicional.

La industrialización, con sus procesos, puede acercarnos a estándares de “perfección” en la obra, y combatir la ideología cotidiana de usuarios, al pensar que algo que cuesta tanto dinero, tenga tantos defectos. Por esta razón la industrialización busca mejorar:

En obra:

- Control de cumplimiento de actividades.



Foto 24.- Célula 3D construido bajo proceso industrializado, para formar parte de un proyecto prefabricado.

En las fotos 15 y 16 también se puede observar procesos de industrialización.

Fuente:<http://eadic.com/blog/prefabricacion-vs-industrializacion/>

²² Concepto tomado de la página web de la Real Academia de la Lengua Española.

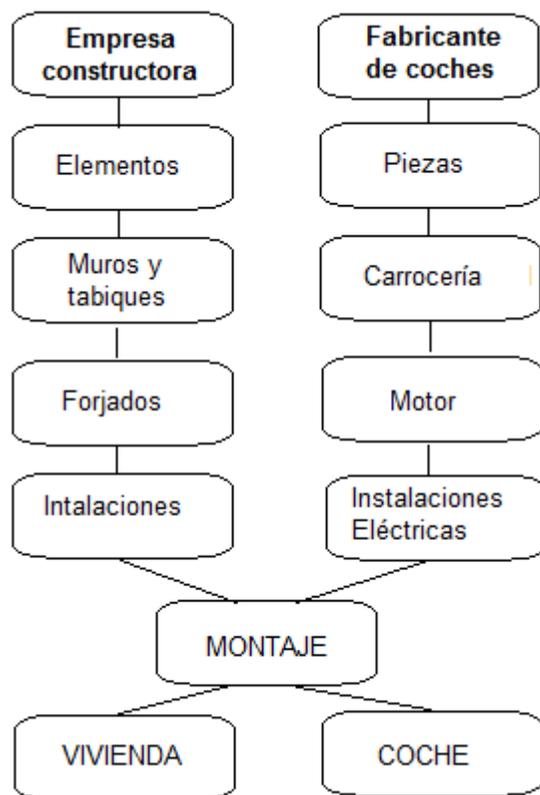


Figura 1.- Comparación entre la empresa constructora y la fábrica de coches.

Fuente: KONCZ Tihamér, Manual de la Construcción Prefabricada. Tomo 1. Versión Española, Hermann Blume ediciones, 1975, Madrid. Pág. 2.

- Velocidad de construcción.
- Exactitud en tiempos de producción.
- Precisión dimensional.
- Acabados de excelente calidad.

Costos:

- Presupuestos con menor rango de error.
- Control en adquisición de materiales y herramientas.
- Menor desperdicio.
- Eliminación de tiempos muertos.
- Optimizar la mano de obra.
- Obra de mano no especializada.

El objetivo de ingresar los conceptos de industrialización en la construcción es el generar un producto cuya aplicación sea simple, y permita sin complicaciones, el desarrollar variedad de soluciones constructivas, impulsando la creatividad de proyectistas y constructores, sin perder de vista que el resultado global debe ser seguro y económicamente viable.

No es posible industrializar la construcción si ésta no es económicamente viable.²³

La industrialización busca disminuir los errores que puede generar la mano de obra en construcción, disminuir tiempos de fabricación, mejorar acabados, y generar un producto de calidad; para ello, es necesario aplicar los siguientes conceptos:

- Estandarizar los procesos con el objetivo de reducir tiempos y supervisión.
- Certificar los procesos.
- Optimización de mano de obra.
- Capacitación, desarrollo y buena productividad del personal técnico-administrativo.
- Medir: procesos vs. resultados.
- Automatización para control de sistemas y procesos.

La industria automotriz trabaja bajo estos conceptos, pero, surge la inquietud: ¿es posible adoptar estos conceptos para el sector de la

²³ NEUFERT. E. *Industrialización de las construcciones*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona

construcción?, para solventar esta duda, se debe entender los siguientes paradigmas:

1. La industrialización es sinónimo de TRABAJO EN FÁBRICA, por lo tanto, ¿la obra no puede ser industrializada?

Como respuesta a este paradigma, no es el lugar lo que marca la diferencia sino la tecnología y los procesos que se utilicen para realizar una obra.

2. La industrialización es sinónimo de PRODUCCIÓN EN SERIE, por lo tanto, ¿la obra no puede ser industrializada?

En este caso, lo que se industrializa no es el producto, son los procesos en serie.

3. ¿La industrialización es sinónimo de PREFABRICADO o de nuevos SISTEMAS CONSTRUCTIVOS?

La industrialización no es un proceso parcial, es un proceso integral.²⁴

Como conclusión: SI es posible adoptar estos conceptos en la construcción de viviendas, puesto que no interesa el lugar donde se edifique, sino la tecnología que se utilice, trabajando con procesos en serie de manera integral.

2.3.2.2 La industrialización en la construcción.

Una realidad en la construcción tradicional, es la cantidad de actividades que no generan productividad, pero si generan costos.

Basados en diferentes estudios en países de Latinoamérica, se tienen unos porcentajes promedio de las actividades realizadas en una obra:²⁵

²⁴ MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel-Sistema Manoportable*. ASOCRETO. Bogotá-Colombia, Pág. 6.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

- 38% para actividades productivas.
- 36% para actividades contributarias.
- 26% para actividades no contributarias.

Las actividades refieren a:

- Productivas: actividades que transforman los insumos en un producto terminado. Ejemplo: hormigonado de columnas.
- Contributarias: actividades que no generan transformación, pero contribuyen de cierta forma en la producción. Ejemplo: limpieza de obra, acarreo de material, etc.
- No contributarias: actividades que generan tiempos muertos o tiempo perdido. Ejemplo: descansos, inactividad por mal clima, o por falta de materiales y/o herramientas, etc.

Analizando la manufactura de la construcción tradicional, existen 10 puntos que forman parte de nuestra realidad:

1. *Aprendizaje limitado*: el movimiento del personal, por diferentes frentes en una obra, elimina la repetición, y obliga al trabajador a estar en constante aprendizaje, sin aprovechar la experiencia ganada en una actividad.
2. *Clima*: el avance y seguridad de la obra depende mucho del clima, y del entorno natural donde se edifica.
3. *Trabajo bajo presión*: tanto en el sector público como en el privado, cada vez se exige mayor calidad a menor tiempo de ejecución, lo que genera un mal ambiente de trabajo.

²⁵ Porcentajes pueden variar según la zona de ejecución de la obra y de la experiencia del constructor, estos porcentajes son tomados de MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel–Sistema Manoportable*. ASOCRETO. Bogotá-Colombia Pág. 6.

4. *Falta de incentivos*: la comunidad, a todo nivel, prefiere lo barato y no lo de calidad, obligando a profesionales responsables, que trabajan con calidad, a laborar con remuneraciones muy bajas.
5. *Capacitación*: los obreros, dedicados a la construcción, no reciben capacitación alguna por parte de sus superiores, los conocimientos que adquieren se basa en la experiencia empírica y en la observación.
6. *Reciclaje*: no existe conciencia de reciclado en las obras, los desperdicios generan actividades no contributarias, y costos que no generan beneficio. Esto es más común en obras con grandes volúmenes de hormigón.
7. *Planificación*: considerando el clima, el aprendizaje limitado, la falta de capacitación, es complicado realizar un cronograma de actividades a largo plazo, por ello, es común trabajar en función de lo inmediato.
8. *Experiencia*: empírica ganada con el pasar del tiempo.
9. *Investigación y desarrollo*: en la actualidad existen investigaciones en busca de mejorar la construcción, pero las soluciones planteadas no se aplican por la incertidumbre de los resultados finales.
10. *Actitud mental*: no existe una evaluación técnica-económica de lo que se construye, se asume que lo que se realiza tradicionalmente está bien, y dejamos de lado el desafío de mejorar la calidad y la productividad, sin desarrollar nuestra imaginación y técnica.

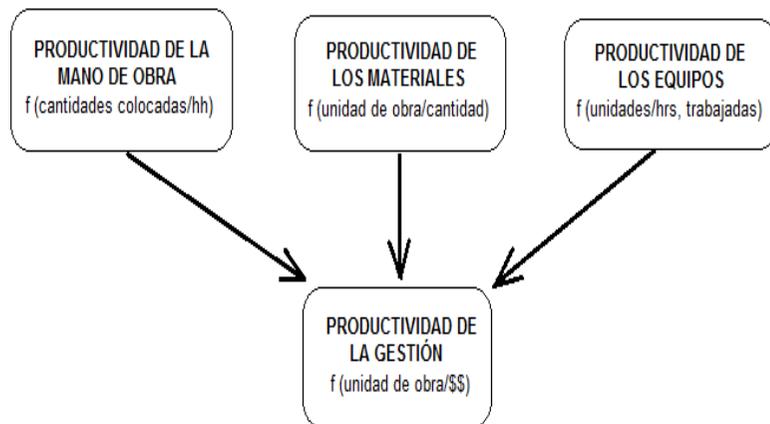


Figura 2.- Tipos de productividad de los ejes de la construcción.

Fuente: MAYAGOITIA Fernando, y otros, Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel–Sistema Manoportable. ASOCRETO. 2011, Bogotá-Colombia. Pág. 9.

Analizando estos puntos y haciendo relación con lo que se ha mencionado a lo largo de esta tesis –que es urgente cambiar de técnica en busca de mejorar calidad y tiempos de ejecución a menor costo-, se observa que para mejorar la industria de la construcción es necesario un cambio, y aprovechar al máximo la tecnología existente para poder ofrecer productos “cero defectos”.

La industria se basa en un parámetro importante que ayuda a analizar la rentabilidad de la elaboración de un producto, esto es la productividad, que relaciona la cantidad producida con los recursos empleados.

Analizando como fórmula se puede tener:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{CANTIDAD PRODUCIDA}{RECURSOS EMPLEADOS}$$

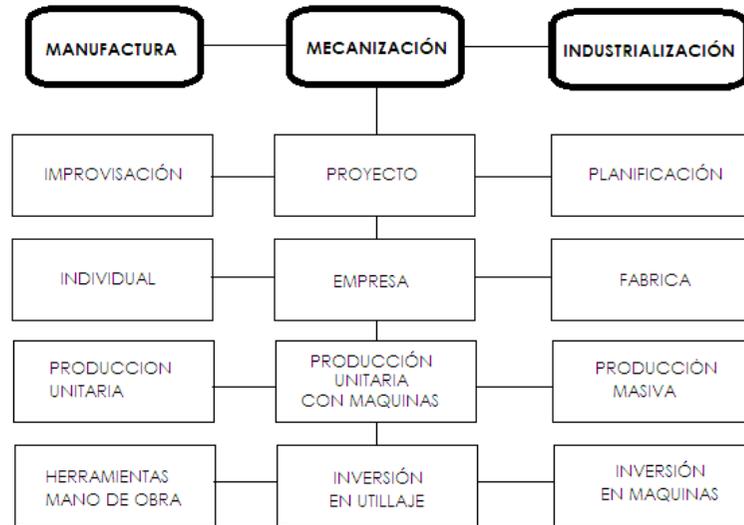


Figura 3.- Niveles de desarrollo de la industria de construcción hacia la industrialización.

Fuente: KONCZ Tihamér, Manual de la Construcción Prefabricada. Tomo 1. Versión Española, Hermann Blume ediciones, 1975, Madrid. Pág. 1.

De esta forma se puede obtener la eficiencia de los recursos para obtener un producto y su efectividad de proceso.

La eficiencia implica la buena utilización de los recursos mientras que la efectividad implica el cumplimiento o logro de las metas deseadas.²⁶

Para conseguir una buena productividad, debe existir un administrador que garantice que los recursos sean los adecuados para obtener una importante cantidad producida, los recursos son: mano de obra, materiales y equipos o herramientas, también conocidos como los ejes de la construcción, que analizaremos a detenimiento en el siguiente subcapítulo.

De los tres recursos, el que genera variaciones en productividad es la mano de obra, debido al estado de ánimo que puede tener un obrero, por ello, el administrador debe conocer a su personal, y estimular en ellos el deseo de realizar un buen trabajo.

Para implementar un sistema de industrialización es muy necesario un mercado que demande de estas soluciones, puesto que solo el volumen de mercadeo y las ganancias puede justificar la inversión en las estrategias y tecnología.

El mensaje principal es priorizar las ideas y la maquinaria, tener claro el rendimiento esperado del producto, capacidad para mejorar los procesos y simplificarlos. Obtener productos de alta calidad arquitectónica, seguros estructuralmente, con imagen diferente pero mejor.

2.3.2.3 Ejes de la Construcción.

El procedimiento constructivo en general consta de tres ejes:

²⁶ MAYAGOITIA Fernando, y otros (2011). *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema Túnel-Sistema Manoportable*. ASOCRETO. Bogotá-Colombia Pág. 8.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

- Mano de obra.
- Materiales.
- Herramientas y maquinaria.

La *mano de obra* ocupa un lugar muy importante en la planificación y ejecución de la obra, siendo el principal factor del rendimiento y la rapidez en los trabajos de la construcción. Esta se estima en base al procedimiento constructivo que se utilizará y se deberá determinar en la planificación, la cantidad y calidad de mano de obra que requerida para el cumplimiento de cada etapa, así como también las etapas que se necesite de mano de obra especializada.²⁷

Para elegir los *materiales* se verifican factores como:

- Características estructurales.
- Características arquitectónicas.
- Resistencia a agentes agresivos y al medio ambiente.
- Costos.
- Facilidad de manipulación y transporte.

Para la elección de los *equipos* se debe analizar las actividades a desarrollar en el proceso constructivo, y determinar la maquinaria necesaria para cumplir con lo establecido en los cronogramas, además, importante conocer la cantidad necesaria de equipos y su potencia.

El uso de equipos mecánicos en el proceso constructivo debe cumplir el objetivo de reducir tiempos de ejecución, por ello se debe programar adecuadamente sus labores, para evitar que el equipo esté en obra sin trabajar, ya que esto implica pérdida de recursos y dinero, para evitar esto, es recomendable que el equipo trabaje a tiempo completo, o con un mínimo de tiempo muerto.

En la construcción podemos distinguir tres estados de desarrollo:

- *Manufactura*: referente a la técnica manual, ligado a una improvisación, donde el obrero con herramientas manuales realiza un trabajo individual para obtener una producción unitaria.

²⁷ NOVAS Joel (2010). *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis de Posgrado. 57 páginas.

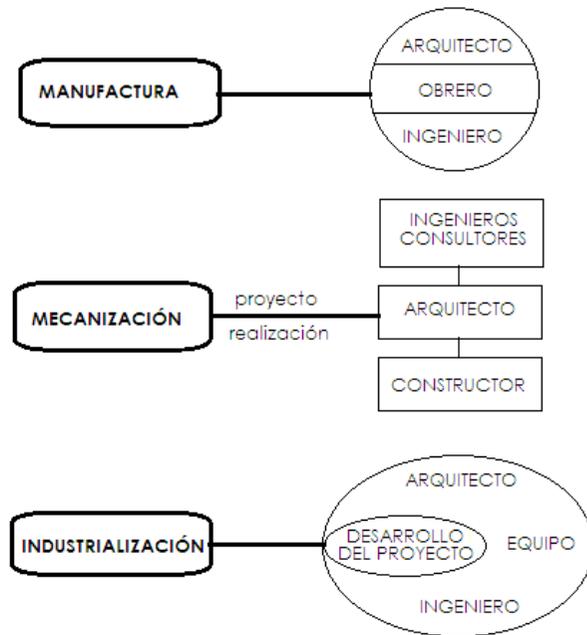


Figura 4.- Esquemas de transformación de los oficios técnicos en el camino de la industrialización.

Fuente: KONCZ Tihamér, Manual de la Construcción Prefabricada. Tomo 1. Versión Española, Hermann Blume ediciones, 1975, Madrid. Pág. 2.

- *Mecanización:* la producción unitaria se consigue mediante la utilización de máquinas y aparatos en la obra, con procesos guiados por varios especialistas que pertenecen a una empresa dedicada a la ejecución de proyectos.
- *Industrialización:* la producción es masiva y se realiza en una fábrica, donde los procesos son repetitivos y exigen una planificación, con el objetivo de aprovechar al máximo los beneficios de producción.

La producción masiva exige máquinas e inversiones. El proceso será sólo rentable cuando la suma de los costes fijos y variables para el trabajo industrial sean más bajos que los del manufacturado.²⁸

El producto del trabajo industrial puede estar finalizado, como un vehículo o una casa, pero también se puede tener como producto un elemento o un componente del producto final.

La figura 4, indica un esquema que relaciona la construcción y los conceptos de industrialización para visualizar como se conforman equipos de trabajo en los diferentes niveles de la industrialización.

Observando este esquema de la transformación de los oficios técnicos se tiene:

La *manufactura* se basa en la reunión del arquitecto y del ingeniero que guían, pero las acciones son ejecutadas en su totalidad por el maestro de la obra.

La *mecanización*, al dividirse en proyecto y realización, tiene en común al arquitecto, que además de realizar el proyecto, también se convierte en coordinador de todos los trabajos; sumado a esto, el ingeniero, que utiliza su formación científica y calcula las obras según bases teóricas, también desarrolla dos funciones, una como ingeniero consultor junto al arquitecto, y otra organizando las actividades a realizarse en la empresa constructora.

²⁸ KONCZ Tihamér (1975), *Manual de la Construcción Prefabricada*. Tomo 1. Versión Española, Hermann Blume ediciones. Madrid, Pág. 2.

En obras industrializadas participan proyectistas, arquitectos e ingenieros consultores, unidos en un solo equipo, y en ocasiones profesionales de la rama de la economía para evaluar los flujos financieros durante un proyecto. Los requisitos variables entre producto y realización son tan fuertes y los medios de producción se transforman tan rápidamente, que la realización del proyecto solo es posible con el trabajo conjunto y organizado de proyectistas y realizadores.

En la construcción industrializada, el trabajo de los proyectistas se integra en el diseño y elaboración del producto.

Para garantizar la calidad y la disminución de errores que generen contratiempos, el equipo debe operar coordinadamente entre el especialista de maquinaria y el ingeniero constructor.



Foto 25.- Hotel Bay Marina, en Japón, prefabricación abierta con contenedores.

Fuente: <http://diariodesign.com/2011/01/un-hotel-en-japon-de-yasutaka-yoshimura-realizado-con-contenedores/>

2.3.3 PREFABRICACIÓN.

2.3.3.1 Principios de la prefabricación.

Se considera prefabricado aquello que se arma, moldea y/o endurece previamente en taller o fábrica, y se coloca, combina, monta y/o une en obra.

Otro concepto que se puede citar es:

Dicho de una casa o de otra construcción: Cuyas partes esenciales se envían ya fabricadas al lugar de su emplazamiento, donde solo hay que acoplarlas y fijarlas.²⁹

El sistema constructivo que utiliza tales elementos prefabricados se designa como construcción prefabricada, o también construcción por montaje.

La prefabricación posee dos etapas bien definidas, como la elaboración de las piezas y el montaje en el lugar de la obra, siendo muy útil para construcciones pequeñas como para construcciones de gran envergadura, donde la limitación de las piezas –tanto en peso como en volumen- está dada por el transporte y los equipos de montaje.

²⁹ Concepto tomado de la página web de la Real Academia de la Lengua Española.



Foto 26.- Refugio diseñado por Carter William son Architects, prefabricación cerrada, todas las soluciones son diseñadas solo para este proyecto.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/tag/refugio/page/2/>



Foto 27.- Kioskos flexibles y transportables, prefabricación cerrada, todas las soluciones son diseñadas solo para este proyecto.

Fuente: <http://diariodesign.com/2014/02/make-crea-kiosks-flexibles-y-transportables-quioscos-de-origami-invaden-canary-wharf/>

Además de fabricar los componentes de una edificación en un taller, se logra realizar un control de: calidad, dimensiones, proceso constructivo, endurecimiento –en caso de hormigones-, soldaduras, perforaciones, etc., con el objeto de garantizar el adecuado funcionamiento estructural de las piezas y de la edificación en general.

Existen dos opciones en la prefabricación, desde el punto de vista del uso de los elementos: prefabricación abierta y prefabricación cerrada.

Prefabricación se considera abierta o de soluciones múltiples, ...cuando se utiliza piezas prefabricadas que existen en serie, proporcionadas por las distintas fábricas, y que se prestan al montaje según combinaciones muy variables y por consiguiente, intercambiables de cierto modo.³⁰

Prefabricación cerrada o solución única, trata del hecho de realizar elementos prefabricados en serie, pero cumpliendo especificaciones o medidas de un determinado proyecto, limitando o anulando el intercambio con otras piezas prefabricadas de otro proyecto. Generalmente este tipo de prefabricados genera conflictos en la fabricación, transporte y montaje.

El proyecto de un edificio prefabricado, tiene que cumplir y trabajar con las técnicas de fabricación y montaje, sustituyendo la mano de obra por inversiones en maquinaria y procesos; cuanto más importante es la mecanización y más perfecta la técnica de fabricación, más elevadas serán las inversiones de capital.

Para un solo proyecto, la inversión en maquinaria no cumplirá con el objetivo de tener un producto a menor costo que en el proceso de manufactura, evitando que los precios de las piezas prefabricadas descendan por debajo de los costos de la construcción convencional, salvo el análisis económico entregue como resultado lo contrario, no es recomendable la inversión para un proyecto determinado.

Si el proyecto es de gran volumen, que justifica la inversión, el siguiente punto de análisis va guiado en la ubicación del proyecto, para analizar los gastos en transporte, y estudiar la factibilidad de fabricar los elementos en serie en el sitio de la obra.

³⁰ OLIVER Mario. *Prefabricación o Megaproyecto constructivo*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

2.3.3.2 Los Principios constructivos en la construcción prefabricada.

La construcción prefabricada debe aprovechar las relaciones existentes entre las características de la obra y las facilidades para su ejecución.

Respecto a las formas y disposiciones constructivas rigen los siguientes principios básicos:

1. La obra debe realizarse con un número reducido de elementos tipo. -piezas que desempeñan una determinada función en la obra, ejemplo: columnas, vigas, etc.-
2. Los elementos tipo deben construirse en serie, y para optimizar la producción, debe existir el menor número posible de elementos diferentes.
3. Debe existir pocas combinaciones y procurar que éstas sean iguales entre sí para la misma obra, con lo cual su unión podrá hacerse por iguales métodos y con los mismos equipos.
4. Los elementos deben ser diseñados, en lo posible, para realizar varias funciones. Es más económico que una nueva función no requiera nuevos elementos, sino que dicha función quede solucionada con los elementos existentes.
5. Los elementos deben ser fabricados dentro del proceso de mecanización.
6. Los elementos a fabricar deben tener un peso máximo similar, para poder montarlos con una misma grúa.



Foto 28.- Construcción en madera por paneles pequeños.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/tag/innovacion/>



Foto 29.- Construcción en hormigón en paneles grandes.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos93/sistema-construccion-ligera-vivienda/sistema-construccion-ligera-vivienda.shtml>

Principios constructivos de los edificios de viviendas.

Se distinguen tres sistemas de construcción:

- a) Construcción por paneles pequeños. (foto 28)
- b) Construcción por paneles grandes. (foto 29)
- c) Construcción por células tridimensionales.³¹ (foto 24)

³¹ Sistemas constructivos generales, en la *sección 2.3.3.5. Clasificación de los sistemas constructivos prefabricados*, de la presente tesis, se estudia más a profundidad estos sistemas, con las subdivisiones que presentan.

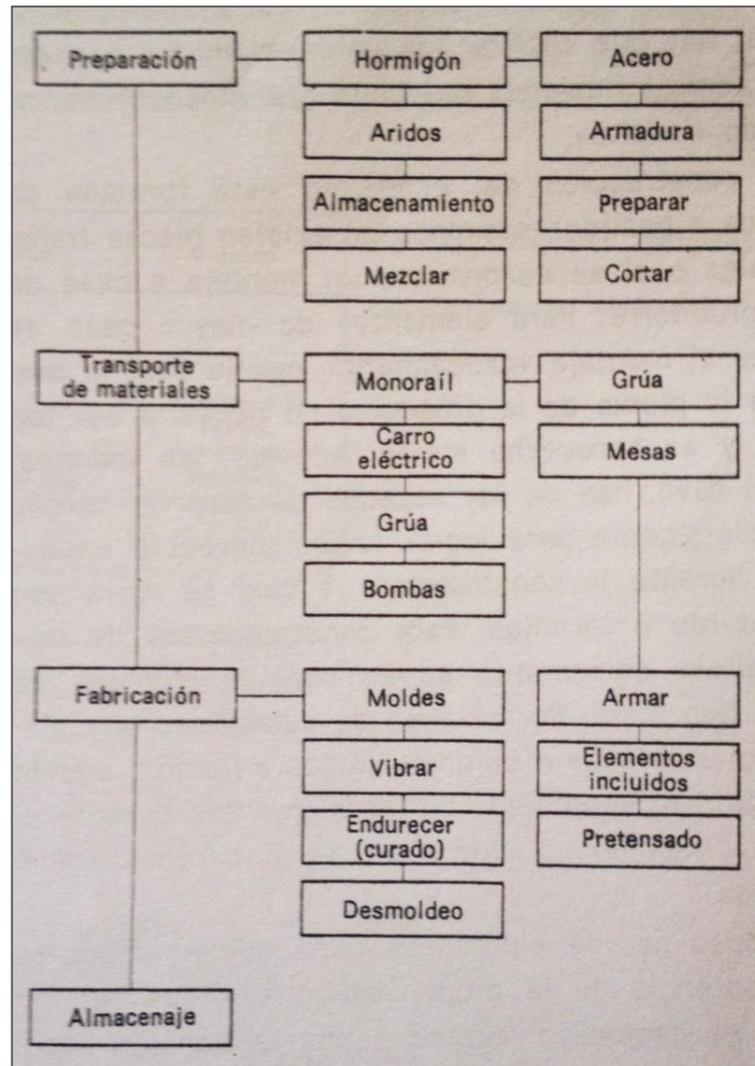


Figura 5.- Esquemas del proceso de fabricación de elementos.

Fuente: KONCZ Tihamérm (1975). *Manual de la Construcción Prefabricada*. Tomo 1. Versión Española. Hermann Blume ediciones. Madrid, Pág. 28.

Los paneles pequeños generan muchas juntas de construcción que se aprecian a simple vista en obra, y se acoplan a la estructura soportante.

Los paneles grandes generan juntas solo de unión, en aristas donde se encuentran dos o más paneles, estos paneles se comportan como elementos soportantes.

Las células tridimensionales se fabrican en bloques, que pueden ser equipados o no, dependiendo el proyecto, muy común en la fabricación de barcos tipo crucero, donde el camarote es una célula tridimensional que se acopla en su totalidad a la estructura general.

2.3.3.3 La Fabricación de los Elementos.

La fabricación de los elementos se realiza en taller, donde el método de fabricación y el equipo empleado dependen del elemento final.

La mecanización es fundamental para elaborar los elementos, ya que al reducir la mano de obra, se disminuye irregularidades y errores que puede ocasionar el factor humano, por ello la importancia de invertir en maquinaria e instalaciones de producción.

La elaboración de piezas prefabricadas corresponde a un complejo de variables debidamente planificadas, según el elemento a conseguir:

a) Preparación de los materiales:

En hormigón: almacenamiento adecuado de materias primas, como áridos, cemento portland y aditivos.

En acero: limpieza de grasa o suciedad que pueda tener la perfilería, corte de excesos que pueden convertirse en elementos corta punzantes peligrosos para la manipulación.

b) Transporte de materiales:

En hormigón: dependiendo del sistema de la fábrica, se necesita comúnmente monorriel, grúas que transporten tolvas llenas de áridos o materia prima.



Foto 30.- Fabricación de vigas de acero en taller, bajo la mecanización y robotización.

Fuente: <http://www.tagliolaser.net/es/imagenes/index.html>



Foto 31.- Almacenamiento de vigas luego de su fabricación en taller.

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/professional-factory-of-steel-beam-313534266.html>

En acero: como los elementos generalmente son prismas rectangulares de peso importante, es necesario un sistema de grúas o puentes grúa que trasladen los elementos una vez que están listos para su fabricación.

c) La fabricación:

En hormigón: comprende la preparación de los moldes, el traslado de la armadura y de las piezas complementarias, la compactación y el fraguado del hormigón y el desmolde de los elementos.

En acero: armar vigas o columnas, en alma llena o en celosía, mediante soldadura o pernos, dependiendo del diseño, la aprobación de soldaduras, y el pintado de protección.

d) El almacenamiento de los elementos.

En ambos casos se debe almacenar sin que estos elementos estén bajo sobrecargas para los que no fueron diseñados, evitar golpes o abolladuras en el almacenamiento.

Las industrias de prefabricación.

La planificación de las industrias que se dedican a la prefabricación, exigen que se consideren una serie de parámetros comerciales y técnicos:

- En el campo comercial: trata de la aplicación de los resultados de un análisis de mercado hecho previamente, siendo este de importancia fundamental para la decisión de inversión; de estos resultados se decide el tipo de instalación y el tipo de obras que se pueden realizar.
- En el campo técnico: trata de la tecnología y de las instalaciones necesarias, potencia de equipos y métodos de fabricación necesarios para generar el producto diseñado.

La elección del emplazamiento de una industria de prefabricación depende también de la posibilidad de encontrar en la zona la mano de obra necesaria, facilidad de transporte y facilidad de acceso a la fábrica

Sin un análisis económico-técnico, que indique que la demanda de mercado genera beneficios mayores que las inversiones, pues no se debe instalar ninguna fábrica de elementos prefabricados.



Foto 32.- Puente grúa pequeño, para movilizar elementos hasta de 5 toneladas en taller.

Fuente: <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t9570-portico-para-diferencial-que-levante-5-toneladas>

El proceso de fabricación de elementos.

La elaboración de piezas prefabricadas consiste esencialmente en un problema de transporte de materiales y productos semi-acabados.

Es necesario recordar que los medios de producción se aprovechan al máximo cuando el trabajo se realiza siempre en el mismo lugar por los mismos operarios. El resultado es que los elementos deberían moverse durante la fabricación para conseguir una concentración de actividades, por ejemplo, caminos cortos de transporte del hormigón y de la armadura, posibilidades de instalaciones mayores, limpieza de los moldes, ya que éstos son ahora estacionarios.

Se puede asegurar que este principio tiene algunas limitaciones debido al tamaño de los elementos.

En ocasiones, cuando el peso de los elementos prefabricados es importante, y la movilidad en fábrica es una limitante, las empresas deben invertir en puentes grúas que ayudarán a transportar los elementos de una actividad a otra, por ejemplo, una vez finalizado el armado de una viga metálica, ayudarse con el puente grúa para trasladar el elemento al proceso de pintado.

2.3.3.4 La cuestión de los materiales de construcción.

Analizando la construcción por montaje, se puede plantear la siguiente pregunta: ¿Los materiales de construcción que actualmente se dispone son apropiados para este cambio de procedimiento?

Una respuesta a este interrogante sería el verificar que se cuenta con materiales de construcción que reúnan las condiciones ideales, considerándose como tales las siguientes:

- Facilidad de fabricar por medios mecánicos (tanto si se trata de elementos para soportar cargas como de simples elementos de cerramiento).
- La conexión debe ser de forma fácil y sencilla.
- Presentar cualidades técnicas como, aislante térmico, hidrófugo y resistente a la putrefacción;
- Resistente al fuego,



Imagen 5.- Estructura en acero de una vivienda tipo MECANO (VIGA-COLUMNA) de la empresa BONNE ESTRUCTURE, de Toronto-Canadá.

Fuente: <http://becgreen.ca/2012/11/bone-structure-brings-you-beautiful-resilient-energy-efficient-houses/>



Foto 33.- Elemento de una estructura de hormigón construido con JUNTAS INTEGRADAS.

Fuente: <http://www.globalinteractivenet.com/newconstruction.html>

- Dimensiones estables
- Apto para ser aserrado y clavado de manera fácil;
- Poseer elevadas resistencias.

En la actualidad, no existe material que cumpla con tan ideales características; sin embargo cabe pensar que se llegará a obtener un material artificial que responda a tales exigencias.

Lo importante será ver a qué precio se encuentra un material de construcción de buenas características mecánicas.

El éxito del proyecto está en decidir cuál de los materiales disponibles será el más apropiado técnica y económicamente para la prefabricación e industrialización de un proyecto determinado.

Cuando una construcción se hace a base de acero o de madera se ejecuta siempre por montaje. Las construcciones de acero y de madera son fáciles de realizar y sus uniones y enlaces son sencillos, y es la mejor opción de material cuando se debe prever de antemano la posibilidad de una reconstrucción, recuperación o transformación de la estructura

La limitación del acero es en contacto con el suelo, para el cual se recomienda usar hormigón, y para estructuras libre de contacto con el suelo, se recomienda protección contra agentes abrasivos del ambiente, con una capa de pintura que lo proteja y aisle, y en caso de ser necesario protección contra incendios, según el proyecto, se debe cubrir el metal con materiales ignífugos.

2.3.3.5 Clasificación de los sistemas constructivos prefabricados.

Dentro de los sistemas de prefabricación para edificaciones se puede mencionar que se dividen en tres sistemas, siendo estos:

1. Mecano
2. Módulo 3D
3. Híbrido.

Estos sistemas se subdividen de la siguiente forma:

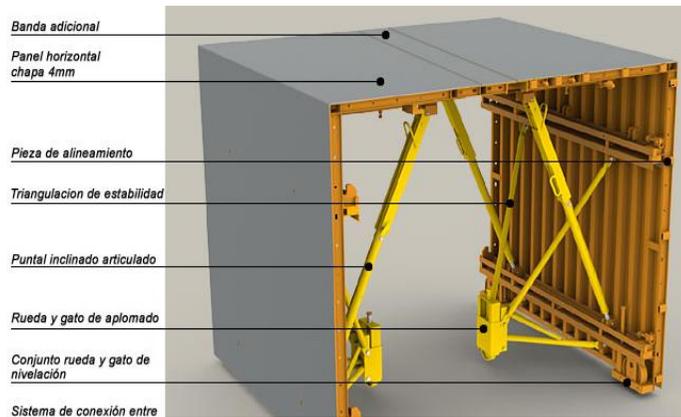


Imagen 6.- Estructura del encofrado mecanizado doble, que integra en las paredes los servicios eléctricos y de agua.
MECANIZACION DE LA OBRA.

Fuente:
<http://www.outinord.com/sitespagnol/pageproduitsesp/pagetmp h.html>



Foto 34.- MECANIZACION DE LA OBRA.

Fuente:
<http://webs.demasiado.com/forjados/constru/tunel/index.htm>

1. Mecano: todos los subsistemas son manufacturados y transportados a la obra en piezas para ser ensamblados.
 - a. Viga-Columna. (Foto 33)
 - b. Paneles. (Foto 14,28,29)
 - c. Juntas integradas. (Foto 34)
2. Módulo 3D: todos los elementos son elaborados, ensamblados y terminados en fábrica y luego transportados a la obra.
 - a. Módulo seccional. (Foto 1)
 - b. Caja. (Foto 16,25)
3. Híbrido: se elabora en fábrica los elementos sofisticados de los edificios y se realiza en obra los elementos que son penalizados por el transporte.
 - a. Mecanización de la obra.³² (Foto 35,36)

2.3.3.6 Ventajas e inconvenientes de los sistemas de construcción por montaje.

Ventajas.

Con frecuencia se han puesto de manifiesto las ventajas que ofrece la industrialización de la construcción, por lo cual aquí sólo haremos referencia a las más importantes.

Tiempo:

La duración de las obras se acorta, ya que la construcción de la obra en bruto se limita a los trabajos de cimentación y al montaje de los elementos prefabricados.

Cantidad de materiales:

La necesidad de materiales a emplear se reduce mucho, ya que desaparecen en su mayor parte los encofrados y andamios. Pueden escogerse secciones muy ventajosas y de poco peso, con lo cual también disminuyen las cantidades necesarias de hormigón y de acero, reduciendo el peso total del edificio.

³² DELGADO Marielisa (2011). *Texto guía en la Cátedra de Prefabricación de la Construcción*. Maestría en Construcciones, Universidad de Cuenca.



Foto 35.- Complicaciones por clima, que retrasan el cronograma de actividades, además de poner en riesgo la calidad de la vivienda y la seguridad de los trabajadores.

Fuente: <http://artcom.um.edu.mx/mision-extrema/coban/>



Foto 36.- Fabricación en taller, sin complicaciones por clima, sin alterar el cronograma de actividades y sin poner en riesgo la calidad de la vivienda ni de la seguridad de los empleados.

Fuente: <http://www.casasprefabricadas24.com/casas-modulares/>

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

Mecanización:

El trabajo efectuado a base de grandes series permite el empleo de máquinas, con lo cual el precio de la mano de obra se reduce muchísimo.-la mano de obra es el valor que más varía en una curva de gastos en la elaboración de un proceso, y más aún en curva de rendimiento- Además, el elemento fabricado se efectúa en mejores condiciones, ya que se realiza sobre el banco de trabajo.

Reducción Mano de Obra:

Son necesarios menos operarios, porque las piezas prefabricadas son producidas en el taller de una fábrica, o bien industrialmente en un taller a pie de obra -la operación de realizar elementos en talleres provisionales a pie de obra se conoce con el nombre de pre-moldeo.

Calidad:

Se logra una mejora de calidad gracias a la producción en fábrica o taller, bajo un constante control.

Dependencia del Clima:

La construcción en este caso se hace prácticamente independiente de las inclemencias del tiempo y el montaje puede ser ejecutado aun en pleno invierno.

Todo esto provoca una reducción de precios y una mejora de las condiciones en que trabaja el personal.

Inconvenientes.

Por lo contrario, como una de las posibles desventajas de este procedimiento tenemos:

Transporte:

El transporte de las piezas prefabricadas es limitado por las dimensiones y de las carreteras y de los vehículos que van a trasladar las piezas prefabricadas,



Foto 37.- Inconvenientes con grúas por mala operación, o por carga excesiva.

Fuente:

<http://lasmejoresimagenesdemiedo.blogspot.com/2012/07/accidentes-con-maquinarias-pesadas.html>

Peso:

Al igual que el transporte, el peso de la pieza elaborada también es un limitante, ya sea para los vehículos que se dedican a la transportación, como para las grúas que van a montar los elementos en obra.

Maquinaria y equipos:

Un proyecto debe estar en función de diseñar y dimensionar los elementos a construir en función de las características de carga de grúas y de las dimensiones y capacidad de carga de camiones que van a montar y transportar estos elementos, de no ser considerado esto, el proyecto puede fracasar, debido a que no va existir manera de trasportar los elementos fabricados o de izarlos en obra.

En resumen, en el análisis técnico de un proyecto, las ventajas tienen que predominar para que sea elegida la realización de una edificación por sistemas prefabricados, y a su vez, en el análisis económico, hay que considerar todos los factores de costo-beneficio y analizar los resultados para garantizar que un proyecto prefabricado es viable.

2.3.4 TRANSPORTE Y MONTAJE.

2.3.4.1 Introducción.

Como parte de la prefabricación, se encuentra el transporte de elementos y el montaje de los mismos en obra.

Si no es factible trasladar o montar un componente de un proyecto al lugar de la obra, pues este puede fracasar.

Dependiendo de las dimensiones de los elementos de un proyecto, de su peso y/o de la ubicación de éste, se analiza para determinar los costos de operación y de actividades necesarias para la transportación de los productos desde la fábrica hacia el lugar de la obra.



Foto 38.- Limitación por peso y tamaño para el transporte de elementos prefabricados.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/cimolai-technology-spa/gruas-portico-obras-elementos-prefabricados-38252-771381.html>



Foto 39.- Limitación de transporte por dimensión de las carreteras.

Fuente: <http://www.encamion.com/sagrada/familia/barcelona/obra/transporte/grua/especial/prefabricado/estructura/gaudi>

2.3.4.2 Transporte y montaje de piezas prefabricadas.

Las piezas prefabricadas sólo resultan económicas cuando puedan ser transportadas y montadas con un gasto que unido al precio de su fabricación quede muy por debajo del de la construcción realizada por métodos tradicionales.

El transporte y el montaje económico han llegado a ser posibles gracias a los progresos de la ingeniería automotriz y mecánica, con creaciones de camiones y grúas que levantan gran peso con menor esfuerzo de operadores, y con un alto grado de seguridad.

El medio de transporte más utilizado es el de camiones y tráileres que se movilizan por carretera.

Transporte por carretera.

El transporte por carretera es el de mayor importancia, ya que la mayoría de las obras de construcción sólo puede llegarse por este medio.

El transporte por carretera está regulado por leyes de tráfico que determinan la altura y la anchura máximas de lo transportado y en muchos casos también, la longitud, el peso y el número de piezas. En fábrica solamente deben producirse aquellas piezas que luego sea posible transportar al lugar de la obra.

La anchura del transporte por carretera está limitada en los países europeos a 2,40 ó 2,50 m. Algunos países permiten el transporte de piezas de mayor anchura hasta 3,50 m. Pero se considera también una cuestión de precio y hay que estudiar si conviene más el mayor precio del transporte o las ventajas de una anchura mayor.

La altura del gálibo es, en general, de 4,50 m, pero se considera que para algunas carreteras y calles se tome un valor que no exceda de 3,80 a 4 m.

Los vehículos de transporte para la industria de la prefabricación son:

- Camiones con elemento motriz y remolque.
- Semirremolques con elemento motriz y semirremolque con longitud de carga de 15 m.
- Tractores con remolques giratorios de longitud de carga de 30 m.
- Tractores con plataformas bajas para elementos altos.
- Tractores especiales para grandes cargas.



Foto 40.- Transporte especial para vigas de puente, varios ejes de llantas para distribuir el peso del elemento al suelo.

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-free/transporter-for-900t-concrete-segment-286282358.html>



Foto 41.- Transporte especial para vigas largas de madera para la estructura de cubierta de un coliseo, apoyo delantero motriz y remolque posterior.

Fuente: <http://blogtecnicodelamadera.blogspot.com/2009/08/madera-laminada-para-sala-de-fiestas.html>

Los camiones con remolque se utilizan por lo general para elementos cortos de hasta unos 7m; por ello son los vehículos apropiados para placas y vigas pequeñas. La superficie de carga suele estar a 1,30 ó 1,40 m. del suelo.

Los semirremolques pueden transportar la mayoría de los elementos, pues ofrecen una superficie de carga completa y sin divisiones. La superficie de carga suele estar a 1,50 m del suelo, por lo que no son adecuados para llevar elementos altos. Con permisos especiales pueden transportarse cargas de hasta 100 toneladas.

Para elementos especialmente altos, se adoptan plataformas bajas, las cuales pueden encontrarse de varios tipos. Pueden funcionar como remolques o como semirremolques apoyados, estando la diferencia en que los primeros tienen ruedas delanteras y los semirremolques no, tan sólo unas auxiliares.

Los remolques llevan armaduras especialmente concebidas para sujetar los elementos fácilmente. Los remolques bajos son vehículos típicos de transporte para la construcción con grandes paneles. Con ellos pueden transportarse elementos altos de hasta 4,20 m. De todos modos, estos elementos no pueden sobrepasar los 8 m de longitud. Los remolques bajos pueden ser utilizados en la obra como almacén intermedio cuando el montaje se realiza desde el remolque.

Una construcción nueva para el transporte es el *swing-lift*, se trata de un remolque equipado con un sistema hidráulico, el cual puede cargar y descargar lateralmente un contenedor. Este contenedor puede ser utilizado como almacén intermedio, tanto en la factoría como en la obra. La grúa lo carga en la nave en la que entra el camión que se lo lleva. Luego en la obra se descarga el contenedor de transporte completo y se recoge el vacío. Toda la operación la realiza un sólo hombre y no se necesita ninguna grúa. En relación con los remolques normales tiene esta solución la ventaja de que en la obra este almacén intermedio está compuesto de contenedores más baratos de lo que suele ser un remolque, su desventaja es el precio relativamente alto de adquisición.

La rentabilidad dependerá de la distancia a que hayan de ser transportados los elementos. Según estudios de la oficina del autor, resultan más económicos los *swing-lift* para distancias cortas y los semirremolques para largas. La construcción *swing-lift* sustituye a la grúa instalada en algunos camiones.



Foto 42.- Transporte de bloque tridimensional en plataforma baja.

Fuente: <http://blog.is-arquitectura.es/2011/11/04/suite-viajera/>



Imagen 7.- Transporte especial de una vivienda completa mediante el uso de helicóptero.

Fuente: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/565691>

Sujeción de los elementos durante el transporte.

Esta sujeción juega un papel muy importante, pues permite un transporte seguro. Se sobreentiende que se recomiendan distintos tipos de fijaciones según sean los elementos. Es imprescindible un atado lateral de transporte.

Las armaduras de los remolques bajos están construidas de tal modo que sujetan los elementos. Existen dos modalidades básicas: o se transportan los elementos entre dos armaduras verticales o bien se hace a ambos lados de una armadura central.

Montaje y equipo para su realización.

Los distintos tipos constructivos exigen para el montaje aparatos diferentes. Consideremos primero sólo las naves industriales; en ellas el empleo de la grúa depende:

- a) del peso de los elementos
- b) de la magnitud de la superficie de la nave.
- c) de la altura de la nave, de cómo puede ser dominada por los medios de elevación.
- d) de las circunstancias de la ubicación: accesibilidad, topografía, etc.
- e) de la naturaleza de los elementos a montar, según sean de forma lineal o superficial.

Siempre que sea posible se empleará un solo tipo de los aparatos de montaje, para que así sólo sea necesario una clase de personal de montaje en obra; para este procedimiento se requiere que los elementos tengan igual peso. En general, las piezas que forman parte del esqueleto de la obra son mucho más pesadas que las placas y paneles de cubierta o de paredes. Entonces habrá que emplear dos medios de montaje distintos, con uno de ellos se montarán las piezas pesadas del esqueleto y con el otro los elementos menores de pisos y paredes.

Para el montaje de piezas prefabricadas los medios de elevación apropiados son:

- a) auto grúas, sobre neumáticos o sobre orugas.
- b) las grúas de mástil o antena y los derricks o puntales de carga.
- c) las grúas-torre.
- d) las grúas-pórtico o de caballete.



Foto 43.- Grúa sobre ruedas.

Fuente: http://galeria.vulka.es/foto/gruas-industriales-palencia-base-valladolid_27016.html



Foto 45.- Grúa tipo derricks.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/liebherr-cranes/gruas-mastil-celosia-sobre-orugas-16233-857813.html>



Foto 44.- Grúa tipo torre.

Fuente: http://www.elconstructor.com/infraestructura/linden-comansa-participara-con-15-gruas-en-una-obra-en-portugal_713.html



Foto 46.- Grúa-pórtico.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/liebherr-cranes/gruas-mastil-celosia-sobre-orugas-16233-857813.html>

2.4 PREFABRICACION EN EL ECUADOR.

El proceso industrial de la construcción ha seguido un desarrollo progresivo semejante al que han experimentado otras industrias. Los obstáculos a vencer en la rama de la construcción son muy complicados comparados con otros procesos industriales, razón por la cual, tal desarrollo ha llegado con retraso a nuestro país.

En Ecuador, al igual que en países vecinos en desarrollo, la gran mayoría de edificaciones se construyen por procedimientos tradicionales, donde se tiene el concepto de que la mano de obra no es costosa, criterio que es erróneo, ya que al analizar de manera general los presupuestos y los análisis de precios unitarios, la mano de obra representa entre el 30 al 40% del costo de un proyecto tradicional.³³

Adicional a este aspecto, es válido mencionar que la mano de obra es un flujo de dinero constante, es dinero que hay que cancelar sin importar el rendimiento de la gente, condición climática ni los tiempos muertos.

Mentalidad diferente existe en Norte América y Europa, donde el costo de la mano de obra es elevada y se busca abaratar costos con la prefabricación.

Mientras en Norte América se construye con soluciones prefabricadas, con cortas cuadrillas de personal, donde en obra se ubica una grúa que ayuda a transportar, izar y armar las edificaciones; en nuestro medio todavía existen cuadrillas numerosas de personal que realizan la mezcla de hormigón en obra sin control de relación agua-cemento y trasladan el hormigón mezclado en baldes y por medio de poleas en caso que sea necesario elevar a pisos superiores el hormigón o diversos materiales.

La tecnología ha permitido mejorar el manejo del hormigón mezclado, debido a una cantidad de empresas dedicadas a la venta y distribución de hormigón premezclado con bombas que permiten verter el hormigón a grandes alturas, pero igual es necesario cuadrillas numerosas para poder trabajar y cumplir con los trabajos y los plazos en los proyectos.

En Ecuador, a comparación con los países industrializados, son pocas las empresas que se dedican a prefabricación para edificaciones. Al momento existen empresas dedicadas a la construcción en acero y en hormigón pre-

³³ Porcentajes promedio de análisis del costo de mano de obra en construcciones tradicionales realizadas por el autor; donde influye condiciones climáticas, ubicación del proyecto y la cantidad de tiempos muertos que puede tener una obra.

tensado que otorgan servicios de prefabricación de elementos estructurales, siendo una buena opción para la construcción de puentes, naves industriales y edificaciones en general.

La prefabricación en la construcción se ha asociado a la construcción de tuberías para alcantarillados, ya sea en PVC o en hormigón, convirtiéndose en un mercado competitivo por la cantidad de empresas que se dedican a la elaboración de estos productos.

Al momento, en el Censo Poblacional a nivel nacional realizado en el año 2001, el Ecuador no registra viviendas prefabricadas, donde se observa que la construcción tradicional en hormigón armado y mampostería de ladrillo y/o bloque (43,17%) lleva el mayor porcentaje de tipología de edificación, seguido por viviendas construidas en madera (33,21%) y en acero (17,70%).³⁴

A pesar de existir diversos estudios que revelan que la prefabricación de buena calidad es la solución para solventar el déficit habitacional en países en desarrollo, la comunidad no adopta esta temática con seguridad, y prefiere construir bajo la metodología tradicional, esto es un problema que la prefabricación afronta todos los días en el mundo entero, y Ecuador no es la excepción, por esta razón los técnicos y empresas deben mejorar la calidad de vida mediante sistemas de construcción prácticos y seguros, pero a menor costo, permitiendo a los futuros clientes alcanzar el sueño de vivienda digna a precios racionales.

Con esta ideología de servir a la comunidad y alcanzar un techo propio, en nuestro país existen algunas empresas dedicadas a la oferta de viviendas prefabricadas, las cuales conoceremos a continuación:

En primera instancia están las empresas dedicadas a la prefabricación mediante estructuras tipo sánduche de poliestireno, malla metálica y mortero que cubre ambas caras de este elemento.

2.4.1 EMPRESAS QUE PREFABRICAN VIVIENDAS.

A continuación se presenta las empresas que en el Ecuador están desarrollando viviendas prefabricadas con diversas soluciones y materiales de construcción.

³⁴ Información obtenida en afiches que publica el Estado Ecuatoriano para informar sobre la situación del país con respecto a la vivienda.

Nombre de la Empresa:

AISLAPOL S.A.

Ubicación:

Km. 9 ½ vía a Daule. Guayaquil-Ecuador.

Dirección URL:

http://www.aislapol.com/index_construpanel.html

Productos:³⁵

Los productos están constituidos por un núcleo de poliestireno expandido, forrado por una malla metálica que posteriormente es cubierto por mortero, dejando una estructura tipo sánduche de mortero y poliestireno.

La fábrica entre sus productos oferta lo siguiente:

Losas.- entre los productos destinados a losa, existe la subdivisión: losatec, termolosa, aislalosa y losa T.

En general la losa consiste en una carpeta conformada de poliestireno expandido de 8 a 20 cm de espesor con canales de 2 a 15 cm de peralte por 5 cm de ancho en ambos sentidos, en los que se engrampa una electromalla de 20x20 cm y $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$, luego se colan los canales conjuntamente con una carpeta de compresión de 3 a 4 cm de acuerdo a los cálculos.

Los paneles de losa se pueden colocar sobre cualquier tipo de muro y una vez integrados mediante la capa de compresión de concreto, conforman una losa sólida, monolítica, ligera, aislante termo-acústica y resistente.

Paredes.- entre los productos destinados a paredes, existe la subdivisión: construpanel y fibropanel.

El construpanel es una estructura tridimensional formado por mallas de acero con una abertura de 10 cm y armado triangular electro soldado con

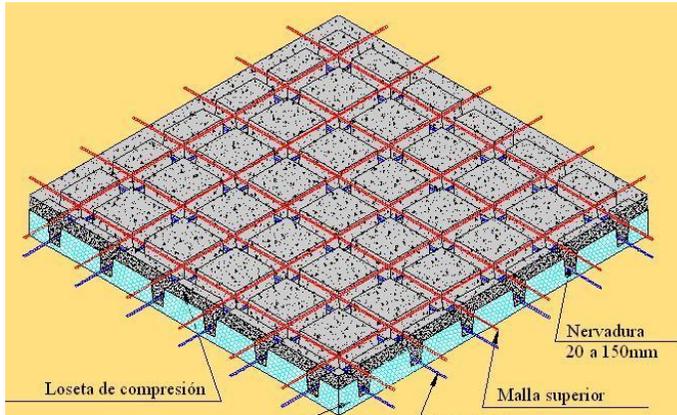


Imagen 8.- Estructura de loseta que presenta AISLAPOL S.A.

Fuente: http://www.aislapol.com/index_construpanel.html

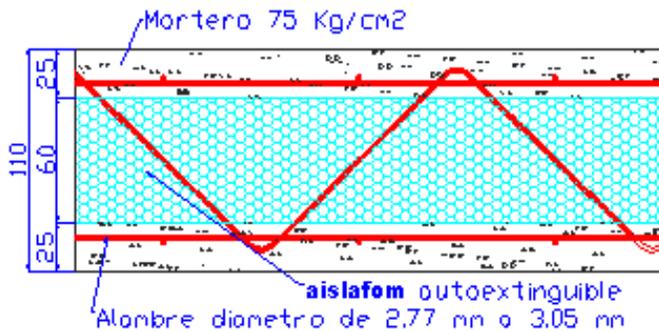


Imagen 9.- Corte de la estructura de loseta que presenta AISLAPOL S.A.

Fuente: http://www.aislapol.com/index_losatec.html

³⁵ Información de productos tomada de la página web de AISLAPOL S.A. http://www.aislapol.com/index_construpanel.html



Foto 47.- Encofrado para gradas aligeradas con sistema AISLAPOL S.A.

Fuente: http://www.aislapol.com/index_escaleras.html

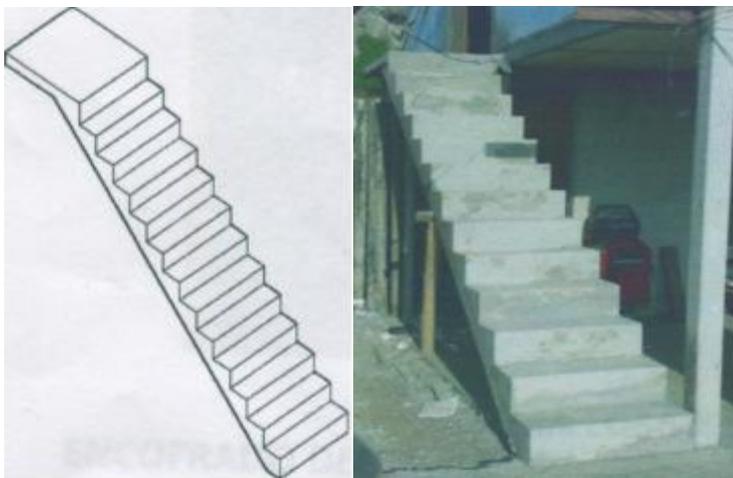


Foto 48.- Escalera finalizada con el sistema AISLAPOL S.A.

Fuente: http://www.aislapol.com/index_escaleras.html

diámetros de 2,7 a 3.05 mm con $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$, un núcleo de espuma de poliestireno expandido de 6cm de espesor, y un revestimiento en ambas caras de una capa de mortero de $f'c=75 \text{ kg/cm}^2$ en un espesor de 2,5 cm, obteniendo un elemento rígido pero ligero, de alta capacidad estructural y excelente resistencia térmica.

Ver más detalles en: http://www.aislapol.com/index_construpanel.html

Rellenos.- usado principalmente en la construcción de terraplenes livianos en suelos blandos.

Los suelos compresibles de baja capacidad portante, representan un problema serio, no sólo durante el proceso de construcción de terraplenes sino a lo largo de su vida útil. Teniendo en cuenta la magnitud de los proyectos que involucran el empleo de terraplenes (carreteras, aproximaciones a puentes, protección de tuberías, parques, etc.), debemos considerar los costos de mantenimiento y operación que genera el reparar las grandes deformaciones involucradas en este tipo de obras, a lo largo de su período de servicio.

Para construir una estructura que sufra un mínimo hundimiento en un terreno en malas condiciones, es preciso que prácticamente no se aplique ninguna carga adicional, es decir, que el peso del material utilizado para el terraplén, sea extremadamente reducido como ocurre, con los productos de esta empresa.

Ver más detalles en: http://www.aislapol.com/index_rellenos.html

Escaleras.- La Escalera de hormigón armado aligerada para viviendas se la construye de la siguiente manera:

Primero se ubica el encofrado, sobre los puntales que soportará la fundición de hormigón. Sólo es necesario 3 puntos de apoyo con puntales cada una, debido al peso ligero de la escalera.

A continuación se coloca el molde de relleno de Poliestireno Expandido (EPS) sobre el encofrado metálico.

Inmediatamente se coloca la estructura y nervios conformados sobre el EPS.

Luego se coloca el encofrado de contrahuella, dejando la escalera lista para la fundición del hormigón.



Foto 49.- Construcción de losa de entrepiso de las viviendas del Club Rotario Guayaquil, con el sistema losatec de AISLAPOL S.A.

Fuente: www.aislapol.com/menugalerialosas_losatec.html

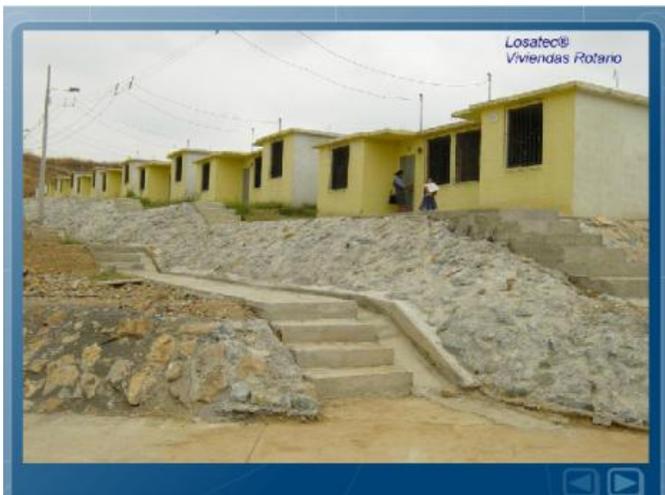


Foto 50.- Viviendas finalizadas del Club Rotario Guayaquil.

Fuente: www.aislapol.com/menugalerialosas_losatec.html

La resistencia del hormigón para la fundición de la escalera es de $f'c=210$ Kg/cm². Es necesario que el hormigón se prepare con piedra chispa gruesa, arena gruesa, para su correcta aplicación.

Desencofrar la escalera terminada.

Ver más detalles en: http://www.aislapol.com/index_escaleras.html

PROYECTOS:

1. **Club Rotario Guayaquil.-** con 180 viviendas construidas.
2. **Universidad de Guayaquil.-** construcción de un bloque de edificios de la Universidad.
3. **Vivienda particular.-** construida en la parroquia Jerusalén de la Ciudad de Guayaquil.
4. **Rellenos para estabilizar carretera.-** realizado en la carretera Pasaje-Cuenca por el Cajás.
5. **Urbanización.-** construida en Galápagos.
6. **Ampliación de Terminal Terrestre.-** realizado en el terminal terrestre de la Ciudad de Guayaquil.
7. **Varios.-** parques, viviendas pequeñas y ampliaciones de locales o edificaciones.

A continuación se presentan fotografías tomadas de la página web de AISLAPOL S.A., con la finalidad de observar el proceso constructivo que maneja esta empresa para elaborar una vivienda con el producto *Construpanel*.



Foto 51.- Etapa 1: colocación de plancha de poliestireno expandido con la malla electrosoldada.

Fuente:

http://www.aislapol.com/menugaleriaparedes_constru.html



Foto 52.- Etapa 2: colocación –similar al enlucido tradicional– de mortero sobre los paneles colocados.

Fuente:

http://www.aislapol.com/menugaleriaparedes_constru.html

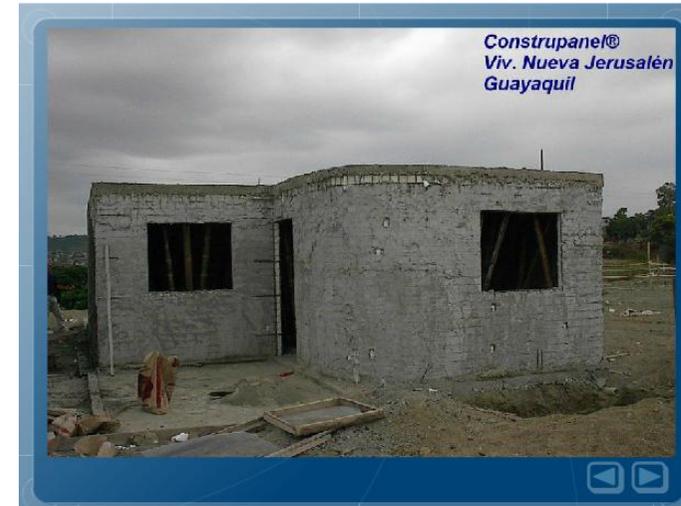


Foto 53.- Etapa 3: se finaliza con la colocación del mortero, y se construye vigas de amarre superior.

Fuente:

http://www.aislapol.com/menugaleriaparedes_constru.html



Foto 54.- Etapa 4: finalización de la vivienda, con pintura exterior.

Fuente:

http://www.aislapol.com/menugaleriaparedes_constru.html



Foto 55.- Foto 1 de grada con tipología HORMYPOL.



Foto 56.- Foto 2 de grada con tipología HORMYPOL.

Fuente: **foto 55 y foto 56** tomados de:

<http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb=productos&p=43&t=Formas-de-micro-hormigon>

Nombre de la empresa:

HORMYPOL

Ubicación:

Alamos y Arupos, Loja-Ecuador.

Dirección URL:

<http://www.hormypol.com/index.php>

Productos:

La ideología de prefabricación de esta empresa es similar a la utilizada por la empresa AISLALOP S.A.

Los productos de esta empresa se basan en materiales tradicionales, como el cemento, áridos, fibras sintéticas y mallas de acero, combinando las mejores características de cada material y obteniendo un micro hormigón alivianado con poliestireno expandido, y obteniendo un sistema que cumple ampliamente las mismas funciones del sistema tradicional, pero con la ventaja de disminuir costos y tiempos de construcción.

Entre la línea de productos que tiene esta empresa se menciona:

1. Paneles: con la utilización de paneles su pueden construir mamposterías y losas prefabricadas.
2. Láminas: con la utilización de láminas se pueden construir frontones, fachadas falsas, forro de elementos, viseras, cielo raso falso, cerramientos, murales, etc.
3. Formas: detalles constructivos en fachadas, bordillos de jardinería, cornisas, tabiques pequeños, mesones de cocina.
4. Canaletas: con este sistema se ha construido canaletas de micro hormigón de forma trapezoidal para utilizar en canales de riego.

Ventajas:

Evaluaciones económicas³⁶:

³⁶ Datos tomado de la web: <http://www.hormypol.com/ventajas-hormigon-armado-microhormigon-vibro-prensado-encofrado-sintetico-prefabricado-quito-ecuador.php?tablajb=ventajas&p=1&t=Ventajas-economicas-y-ambientales>



Foto 57.- Estructura para canales de riego con tipología HORMYPOL.

Fuente: <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb=productos&p=43&t=Formas-de-micro-hormigon>



Foto 58.- Tabiquería exterior construida con paneles de micro hormigón de HORMYPOL.

Fuente: <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb=productos&p=1&t=Paneles-de-micro-hormigon>

- Coste de una vivienda tipo de 36 m² con acabados de “habitabilidad”, supera el valor de \$ 6.000,00.
- Mientras que la misma vivienda solo incorporando paneles, mesones, lavandería, cajas de revisión, con el sistema **HORMYPOL®** con todos los acabados “Terminada” que incluye agua fría y caliente: \$ 6.080,00.

Estos valores arrojan en la construcción tradicional un costo aproximado de \$160,00 dólares el metro cuadrado de construcción “habitabile”, mientras en la vivienda “terminada” con el sistema **HORMYPOL®**. se tiene:

Manteniendo la misma superficie, una vivienda con cubierta y construida íntegramente con el sistema **HORMYPOL®**, se obtendría un costo de \$ 125 dólares el metro cuadrado:

En lo relacionado a la construcción de fachadas falsas o flotantes, con el uso de nuestras láminas se economizaría el costo generado en la construcción del armazón donde se ubicará la malla para su posterior revestido del sistema tradicional.

Proyectos:

Los productos de esta empresa no constituyen un proyecto total, pero sus productos si han sido parte de varios proyectos a nivel del Ecuador. En especial Quito, donde se ha utilizado para generar fachadas, pozos de revisión, canales de riego, mesones de cocina y estructuras para lavado de ropa, etc. Para mayor información sobre los diversos usos que pueden tener estos productos puede visitar el siguiente link.

<http://www.hormypol.com/productos-edificios-universidades-escuelas-casas-colegios-conjuntos-residencias.php>



Foto 59.- Hotel Masphi Lodge proyecto construido con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>



Foto 60.- Plaza Lagos. Centro comercial construido con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>

Nombre de la empresa:

Hormi2

Ubicación:

Circunvalación Sur y Calle Unica. Urdesa-Guayaquil-Ecuador

18 de Septiembre y Juan Leon Mera. Quito-Ecuador.

Dirección URL:

<http://hormi2.com/>

Productos:

La marca italiana Emmedue conjuntamente con Mutualista Pichincha, montan la empresa ecuatoriana PANECONS con su planta industrial equipada con tecnología de punta, ubicada en la ciudad de Latacunga, y se dedica a la fabricación y comercialización del sistema constructivo hormi2. Esta se produce bajo norma y licencia italiana del grupo Emmedue, y ha sido probado y utilizado a nivel mundial por más de 30 años con 54 plantas industriales instaladas en los 5 continentes.

En Ecuador, la planta entra en funcionamiento en enero del 2005. Para el 2007 se posiciona como la mejor planta de producción en el mundo, siendo elegida la sede para la Primera Convención Mundial del sistema constructivo italiano Emmedue. Durante el mes de Diciembre del 2008, se logra la producción de 36.781 m² de paneles, un Record Mundial dentro de las plantas de Emmedue. Hasta el momento, se han instalado más de 1'500.000 m² de panelería a nivel nacional, es decir, más de 3000 viviendas en diferentes proyectos, Edificios de Oficinas, Departamentos de Lujo, Hoteles, Conjuntos Habitacionales, Industriales, Comercio, Escuelas, etc., y hemos exportado más de 80.000 m².³⁷

Es un material versátil, donde un proyecto puede ser ejecutado en su totalidad con los paneles de Hormi2, en edificaciones elevadas y de mayor importancia se puede acoplar esta tipología a la estructura de hormigón armado de vigas y columnas, formando parte de la tabiquería interior y exterior; lo que no menciona es sobre la manera de acoplarse con las estructuras de acero, puesto que este material posee una rigidez

³⁷ Tomado de la Web: <http://hormi2.com/que-es/>



Foto 61.- Oficinas para la empresa “Coca Cola”, proyecto construido con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>

importante, y sería necesario evaluar el enlace con la finalidad de que estos dos elementos se acoplen adecuadamente.

Este sistema esta abalizado en nuestro país por Mutualista Pichincha y la empresa Panecons, quienes han adquirido la patente para usar y comercializar este producto, puesto que es un sistema creado en Italia y requiere de permisos de uso y patente para su utilización.

Para conocer más sobre este producto, su presentación y el proceso constructivo, se recomienda observar los siguientes videos:

¿Qué es Hormi 2?:

http://www.youtube.com/watch?v=bB_ZQS5wcQY

Presentación de Hormi2:

<http://www.youtube.com/watch?v=f1RYMA4ZLaQ>

Proceso constructivo con hormi2:

http://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE

Ventajas:

El sistema de Hormi2 se enfoca en 4 puntos que lo convierten en un sistema conveniente al momento de elegir por una tipología constructiva:

1. Sistema sismoresistente.
2. Aislante acústico.
3. Aislante térmico.
4. Sistema que brinda seguridad.

Además en su proceso de fabricación, tiene cero desperdicios, es amigable con el medio ambiente y no es un proceso que genere contaminación.

Con este sistema se genera viviendas con menor masa, estructuras livianas que significa ahorro en excavación y volúmenes de hormigón para la construcción de la cimentación.

Pruebas de resistencia a impactos y a sismos elaborados por la universidad Católica de Perú pueden ser observados en la página Web de Hormi2 www.hormi2.com.



Foto 62.- Viviendas de la Urbanización “La Primavera”, proyecto construido con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>



Foto 63.- Adecuación interior en edificios, proyecto “Edificio Piave”, construido con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>

Proyectos:

Hormi2 ha evolucionado la construcción, siendo la nueva tipología constructiva con más crecimiento en el mercado nacional de la construcción.

Entre los proyectos importantes ejecutados en Quito y Guayaquil se menciona:

Hoteles: Hotel Mashpi Lodge.

Hotel Holiday Inn.

Viviendas: Urbanización “La Primavera”.

Urbanización “Lagos del Batán”.

Oficinas: Para la empresa “Coca Cola”.

Para la entidad financiera “Banco Bolivariano”.

Edificios: Modulación interior del Edificio Piave.

Plazas comerciales: Plaza Lagos.



Imagen 10.- Modelo constructivo de una vivienda con sistema Hormi2.

Fuente: <http://hormi2.com/>



Imagen 11.- Modelo de la vivienda de 36 m² que oferta Mutualista Pichincha.

Fuente:http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf



Imagen 12.- Distribución arquitectónica de la vivienda de 36 m² que oferta Mutualista Pichincha.

Fuente:http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf

Nombre de la empresa:

Casa Lista de Mutualista Pichincha

Ubicación:

Matriz en Quito.

18 de septiembre y Juan León Mera.

Y en el resto del país en atención al cliente de las agencias de Mutualista Pichincha

Dirección URL:

https://www.mutualistapichincha.com/mupi/producto_casalista.jhtml;jsessionid=5SJBFPKJXYJDJQFIDNSSFEQ

Productos:

El producto final de Mutualista Pichincha es entregar la vivienda completa, sin mobiliario, constituido por un sistema modular que permite realizar casas estáticamente agradables y de gran resistencia en un tiempo récord.

Ventajas:

Su estructura está dada por paredes que absorben y resisten las cargas y sobrecargas verticales (granizo o ceniza), transmitiendo estas cargas desde las planchas de cubierta a los elementos de madera (vigas superiores) y por éstas a los paneles de hormigón que conforman las paredes.³⁸

Como ventajas directas se tiene:

Mayor rapidez constructiva.

Menor costo.

Es un sistema versátil.

Modular.

³⁸ Tomado de la revista digital de Mutualista Pichincha, del link: http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf



Imagen 13.- Modelo de la vivienda de 170 m² que oferta Mutualista Pichincha.

Fuente: http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf



Imagen 14.- Distribución arquitectónica de la vivienda de 170 m² que oferta Mutualista Pichincha.

Fuente: http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf

Brinda seguridad.

Sismoresistente.

Proyectos:

En la página Web no se menciona si existe algún proyecto construido, pero se hace referencia a los diversos diseños de viviendas que van desde los 36 m² hasta los 170m² de construcción.

Para conocer más sobre esta tipología de vivienda, se recomienda revisar el siguiente video: <http://www.youtube.com/watch?v=pPcq7breqtQ>



Imagen 15.- Elementos con los que se edifican las viviendas que oferta Mutualista Pichincha.

Fuente: http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf



Foto 64.- Colocación de primera fila de ecobloque sobre cimentación, tipología constructiva de Casa Mía.

Fuente: <http://www.casamia.com.ec/alianzas.html>



Foto 65.- Vivienda terminada con tipología constructiva de Casa Mía.

Fuente: <http://www.casamia.com.ec/alianzas.html>

Nombre de la empresa:

CASA MIA. Casas prefabricadas.

Ubicación:

Centro Comercial Ventura Mall

Tumbaco- Pichincha - Ecuador.

Dirección URL:

<http://www.casamia.com.ec/index.html>

Productos:

El producto final de Casa Mía es entregar una vivienda construida en ecobloque modular tipo T, con paredes internas reticulares sismo resistente, que brindan aislamiento acústico y térmico, con espesores de 10 cm.

Ofertan cualquier diseño arquitectónico, con pequeñas modificaciones para que el bloque modular se adapte al proyecto.

El limitante de este producto es que la vivienda es solo de una planta.

La empresa solicita dos requisitos especiales para el cliente:

- Contar con terreno propio.
- Construir la cimentación.

Casa Mía indica los precios de construcción, pero sin considerar transporte, este valor es responsabilidad del cliente.

Ventajas:

La ventaja principal es la velocidad constructiva al usar el ecobloque modular.

Casa Mía ofrece la construcción de viviendas con esta tipología constructiva a nivel nacional.

Proyectos:

En su página Web indica un proyecto construido con esta tipología constructiva, pero no indica su ubicación o cliente.



Foto 66.- Caseta prefabricada que oferta la empresa BALAT Ecuador.

Fuente: <http://www.balatecuador.com/productos.html>



Foto 67.- Campamentos modulares que oferta la empresa BALAT Ecuador.

Fuente: <http://www.balatecuador.com/productos.html>

Nombre de la empresa:

BALAT Ecuador. Módulos prefabricados en venta y alquiler.

Ubicación:

Urbanización Prados del Oeste calle A

Quito-Ecuador

Dirección URL:

<http://www.balatecuador.com>

Productos:

Esta empresa esta con el aval de BALAT internacional, por ello presenta al Ecuador una diversidad de productos, en venta y alquiler, teniendo las siguientes opciones:

- Casetas prefabricadas.
- Edificaciones modulares.
- Oficinas prefabricadas.
- Comedores prefabricados.
- Casetas desmontables.
- Aulas prefabricadas.
- Viviendas prefabricadas.
- Sanitarios portátiles.
- Campamento modulares.
- Casetas de vigilancia.
- Casetas de almacén de residuos.
- Stands para eventos.

Ventajas:

Balat Ecuador vende y alquila módulos prefabricados desde hace 30 años, en más de 15 países.



Foto 68.- Vivienda prefabricada que oferta la empresa BALAT Ecuador.

Fuente: <http://www.balatecuador.com/productos.html>



Foto 69.- Modular 3D que comercializa la empresa CAMPERS.

Fuente: [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-404620463-camper-contenedor-20-pies-_JM#D\[S:VIP,L:SELLER_ITEMS,V:4\]](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-404620463-camper-contenedor-20-pies-_JM#D[S:VIP,L:SELLER_ITEMS,V:4])

Los módulos Balat Ecuador cumplen con todas las normativas y los estándares de calidad más exigentes. Además, nuestra empresa cuenta con la certificación ISO, con lo que todos los procesos de fabricación, comercialización, distribución y servicio postventa se encuentran rigurosamente controlados. Balat Ecuador cuenta con una amplia gama de producto adaptable a todas las necesidades, y una red comercial que abarca prácticamente todo el territorio nacional.³⁹

Proyectos:

En su página Web indican proyectos de alquiler a nivel del mundo, pero no especifican obras construidos en el Ecuador.

2.4.2 OTRAS TIPOLOGÍAS CON DIFERENTE ARQUITECTURA.

Hasta el momento se ha mencionado las empresas que se han encontrado en el Ecuador que se dedican a la prefabricación completa de viviendas, donde el producto final es la estructura de la edificación.

Ahora se indica empresas que se dedican a entregar modulares prefabricados, donde su uso común se da en campamentos, en zonas rurales, donde el tiempo que habitaran estas edificaciones prefabricadas no es largo, por ello su costo no es elevado, pero igual su calidad y confort son muy limitados, como se observará a continuación desde su aspecto genera inconformidad.

Nombre de la empresa:

CAMPERS. Casas prefabricadas.

Ubicación:

Guayas - Ecuador.

Dirección URL:

No posee página web de la empresa, pero oferta sus productos mediante mercado libre, y se puede observar sus productos en el siguiente link: [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-404620463-camper-contenedor-20-pies-_JM#D\[S:VIP,L:SELLER_ITEMS,V:4\]](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-404620463-camper-contenedor-20-pies-_JM#D[S:VIP,L:SELLER_ITEMS,V:4])

³⁹ Tomado de la página Web de la empresa BALAT Ecuador en el siguiente link: <http://www.balatecuador.com/empresa.html>



Foto 70.- Fachada poco atractiva que genera un rechazo a la vivienda prefabricada.

Fuente: <http://guayas.olx.com.ec/casas-prefabricadas-iiid-622791094#>



Foto 71.- Edificio “Portal del Ejido”, construido con vigas pretensadas de CARRASCO RFV CONSTRUCCIONES CIA. LTDA.

Fuente: El Autor.

Productos:

El producto final es una vivienda de fachada metálica con una pobre o nula arquitectura exterior, que genera un rechazo a su uso definitivo como vivienda familiar.

Cuando se menciona prefabricado el cliente asocia las viviendas prefabricadas a este tipo de estructuras y por ello esta razón se genera un rechazo social al mundo de las viviendas prefabricadas.

Ventajas:

Permite dotar de una vivienda que no necesita cimentación profunda y que posteriormente puede ser movida hacia otro lugar, dejando el terreno libre para otra edificación permanente; por ello su uso principal es para campamentos.

2.4.3 EMPRESAS QUE FABRICAN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Hemos observado empresas que entregan como producto final la vivienda completa, pero a continuación conoceremos empresas que se dedican a elaborar partes de la vivienda, como vigas, columnas y/o losas.

Las empresas que revisamos a continuación se especializan en fabricar en dos materiales específicos, Acero y Hormigón Armado, siendo este último con tecnología pre o post tensada.

Estas empresas fabrican a medida y petición del cliente los elementos estructurales para luego ser colocados en obra.

Esta manera de construir se identifica plenamente con la prefabricación abierta.

Nombre de la empresa:

CARRASCO RFV CONSTRUCCIONES CIA. LTDA.

Ubicación:

Vía a Jadán – Cuenca - Ecuador.



Foto 72.- Construcción del Edificio “Portal del Ejido” con vigas pre-tensadas.

Fuente: Tomado de la Tesis de pregrado: OCHOA Ney. Diseño de una Torre Grúa para la construcción del edificio Portal del Ejido en la Ciudad de Cuenca. Julio 2011, pág. 46



Foto 73.- Construcción en acero para el proyecto de remodelación del Teatro Carlos Cueva Tamariz. ARMETCO.

Fuente:
<http://www.armetcoecuador.com/index.php/obras/edificios>

Dirección URL:

No posee página web de la empresa

Productos:

El producto final que ofrece esta empresa dedicada al pre-tensado de estructuras de hormigón, son vigas tipo rectangular, tipo “T”, losetas, y estructuras para muros, que se ensamblan según el proyecto para edificar una vivienda o edificio.

Ventajas:

Control de calidad en dimensionamiento de elementos.

Velocidad constructiva.

Trabajar con tecnología pre-tensada.

Proyectos:

Existen diversos proyectos que se han edificado con las soluciones que esta empresa comercializa, pero el de mayor importancia que haremos énfasis es en el edificio “Portal del Ejido” ubicado en la ciudad de Cuenca, edificación destinada para departamentos de lujo.

Otra obra a mencionar, es la construcción de las vigas pre-tensadas del puente construido en la Urbanización de la Mutualista Pichincha, ubicada en la parroquia Chuquipata de la Ciudad de Azogues.

Nombre de la empresa:

ARMETCO.

Ubicación:

Ucubamba. Vía a Paccha. Cuenca - Ecuador.

Dirección URL:

<http://www.armetcoecuador.com/>



Foto 74.- Construcción del Edificio Multifamiliar de la Av. Paseo de los Cañaris.

Fuente:
<http://www.armetcoecuador.com/index.php/obras/edificios>



Foto 75.- Construcción de cubierta para ampliación del Terminal Terrestre de Cuenca. ARMETCO.

Fuente:
<http://www.armetcoecuador.com/index.php/obras/terminales-terrestres>

Productos:

Los productos que ofrece esta empresa dedicada a la construcción y elaboración de elementos estructurales en acero son los siguientes:

- Vigas tipo cajón.
- Vigas tipo "I".
- Vigas tipo "I" curvas.
- Celosías.
- Celosías curvas.
- Vigas de sección variable.
- Placas de anclaje y conexiones empernadas.

Además la empresa da servicios de:

- Fabricación de elementos estructurales.
- Montaje de estructuras.
- Proyectos especiales.
- Corte CNC/plasma.
- Reparaciones de vigas.
- Inspección de soldaduras.

Ventajas:

Control de calidad en dimensionamiento de elementos.

Velocidad constructiva.

Trabajar con tecnología en soldadura.

Montaje de elementos estructurales con grúas.

Proyectos:

En la página web de la empresa se indica muchos proyectos realizados en acero, incursionando en la construcción de Centros comerciales, residencias, edificios, terminales terrestres, instituciones educativas, industrias y bodegas.

De los proyectos importantes se menciona los siguientes:

- Construcción de torre de metal para el teatro Carlos Cueva Tamariz.



Foto 76.- Construcción de la Estructura para el Aeropuerto Mariscal Sucre de la Ciudad de Cuenca. ARMETCO

Fuente:

<http://www.armetcoecuador.com/index.php/obras/terminales-aereos>

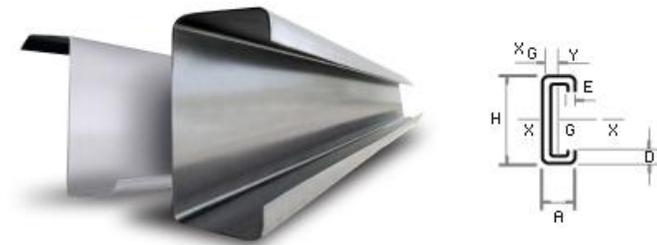


Imagen 16.- Imagen que muestra un perfil tipo "Z" y tipo "G" con acero conformado al frío.

Fuente: <http://www.sanpacificosrl.com.ar/perfiles-c.htm>

- Estructura soportante en acero para los edificios multifamiliares ubicado en la Av. Paseo de los Cañaris.
- Estructura para el edificio Aicazar.
- Estructura de cubierta en ampliación del Terminal terrestre de la Ciudad de Cuenca.
- Construcción en la remodelación del Aeropuerto de la Ciudad de Cuenca Mariscal Lamar.

2.4.4 EMPRESAS QUE FABRICAN PERFILES EN ACERO PARA ELABORAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En el país se adoptado la construcción de viviendas con material de acero conformado al frío, donde la Norma Ecuatoriana de la Construcción permite edificar viviendas hasta de tres niveles.

Las empresas que se dedican a la elaboración de estos perfiles metálicos conformados al frío en nuestro medio son:

- TUGALT S.A.
- DIPAC S.A.
- IPAC S.A.
- NOVACERO S.A.
- KUBIEC S.A.

Estos perfiles se limpian de impurezas y grasas, para posteriormente ser ensamblados mediante soldadura, armando elementos tipo "Caja" o tipo "I", que formarán parte de una estructura de vivienda como elementos de vigas o columnas.

Son perfiles de espesores que van desde los 1,5mm hasta los 6mm, por ello se le conoce como perfil liviano, o perfil para estructura liviana.

Los perfiles que se utilizan para estas viviendas son los perfiles estructurales en tipo cajón –sean cuadrados o rectangulares-, tipo "C" –llamados también tipo "U" o canal-, y tipo "G".

Generalmente se ensamblan estructuras tipo "G" para armar elementos tipo caja para ser parte de la estructura de la vivienda.

Estos perfiles también son utilizados para elaborar cubiertas, celosías y cerchas.

En algunos proyectos, se combina los tipos de acero estructural conformado al caliente, con espesores que superan los 6mm, con los elementos tipo



Foto 77.- Reforzamiento estructural y colocación de vigas secundarias en una estructura en acero de la Ciudad de Cuenca. Se observa combinación de acero conformado al caliente y acero conformado al frío.

Fuente: El Autor

cajón armados con perflería conformada al frío, que es una material de espesor inferior a los 6mm.

Esta combinación consta de diseñar la estructura de una edificación, referente a columnas y trabes –al elemento trabe se le conoce también como viga principal o viga de carga- y como vigas –al elemento viga se le conoce como viga secundaria o vigueta-.

El crecimiento de esta tipología constructiva ha sido notorio, al observar construcciones de este tipo en las ciudades de la sierra de nuestro país, en la costa no es confiable por el temor a la oxidación de los perfiles y la poca vida útil que pueden tener.

En la sierra el problema de corrosión es menor, y se protege con dos capas de pintura, una anti-corrosiva y otra de acabado, en pintura tipo esmalte que protege el metal.

Es una excelente tipología constructiva, por su velocidad y bajo peso, pero el inconveniente que posee es la seguridad estructural y la vulnerabilidad sísmica, debido a la soldadura de unión de los elementos que es de baja calidad.



Imagen 17.- Logo de IPAC.

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/>



Imagen 19.- Logo de NOVACERO.

Fuente:<http://www.eloficial.com.ec/exitosa-feria-del-acero-ciclo-de-conferencias-novacero/#.U2LxgPI5OiA>



Imagen 18.- Logo de KUBIEC.

Fuente:<http://www.muchohomejorecuador.org.ec/directorio-detalle/kubiec/38/>



Imagen 20.- Logo de DIPAC.

Fuente:http://www.dipacmanta.com/alineas.php?ca_codigo=4250



Imagen 21.- Logo de TUGALT.

Fuente:<http://direccionexacta.com/local.php?itemId=8444>

CAPÍTULO 3.- SISTEMAS PREFABRICADOS.

3.1 CIMENTACIÓN.

3.1.1 INTRODUCCION.

La cimentación es parte estructural de una edificación, que se construye para soportar solicitaciones generadas por carga viva, carga muerta y cargas naturales, que se transmiten al suelo mediante las vigas, columnas, y la estructura de cimentación.

La cimentación debe cumplir con la función de transmitir adecuadamente las cargas de la estructura que se convierten en esfuerzos al suelo, sin sobrepasar su resistencia, evitando hundimientos o colapsos que perjudicarían la estabilidad y seguridad de una edificación.

El material óptimo por sus características de resistencia y durabilidad al contacto con el suelo natural es el concreto reforzado, siendo prácticamente el único material utilizado para la construcción de cimentaciones.

La estructura de cimentación debe cumplir con:

- No fallar por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que genera el suelo de apoyo.
- Acomodarse a posibles hundimientos diferenciales del terreno.
- Soportar las acciones que pueda generar el tipo de suelo y el nivel freático.

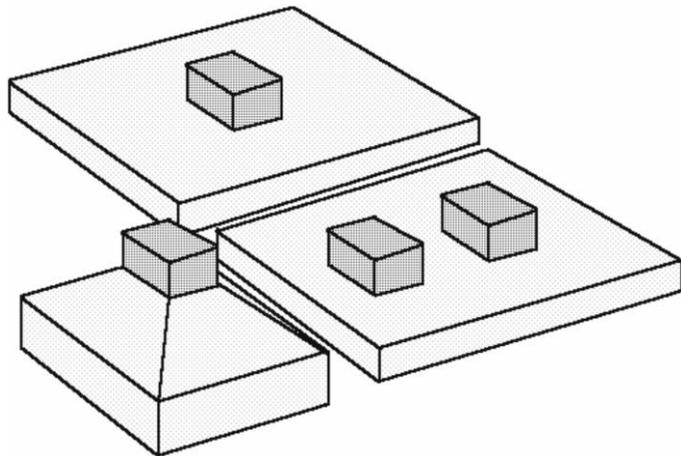


Imagen 22.- Ilustración de zapatas aisladas.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

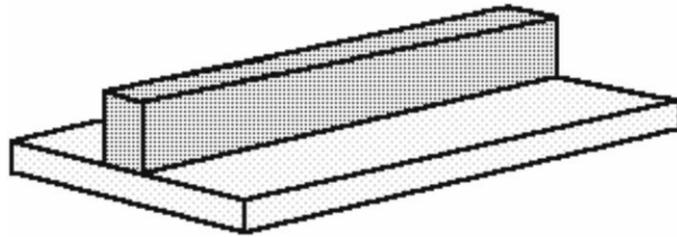


Imagen 23.- Ilustración de zapata corrida.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

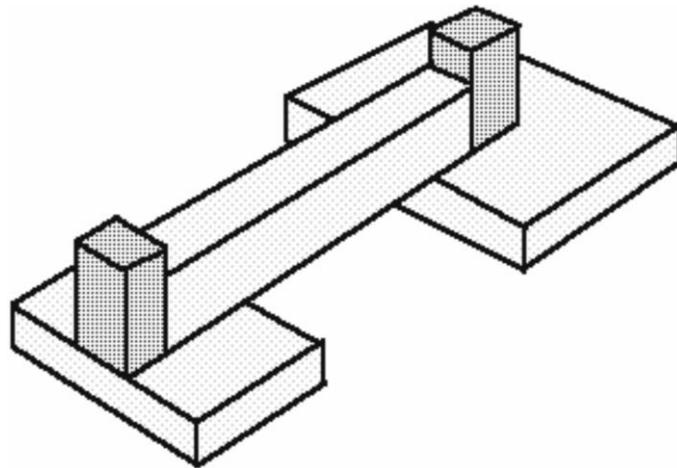


Imagen 24.- Ilustración de zapatas combinadas.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

3.1.2 TIPOS DE CIMENTACIONES.

Dependiendo de la ubicación y de las características de resistencia de los estratos de los suelos, las cimentaciones se clasifican en cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas.

Entre las cimentaciones superficiales destacan las zapatas aisladas, las zapatas corridas, las zapatas combinadas, las vigas de cimentación y las losas de cimentación.

Entre las cimentaciones profundas se suelen utilizar los pilotes prefabricados hincados, los pilotes fundidos en sitio y los caissons⁴⁰.

3.1.2.1 Zapatas Aisladas.

Se las utiliza como soporte de una sola columna, o de varias columnas cercanas.

Las zapatas de hormigón armado deberían tener al menos 40 cm de peralte en edificaciones de varios pisos, para asegurar una mínima rigidez a la flexión. Se pueden admitir espesores inferiores en el caso de estructuras livianas no superiores a dos pisos como viviendas unifamiliares con entramados de luces pequeñas.

3.1.2.2 Zapatas Corridas.

Se las utilizan para cimentar elementos longitudinales continuos, como muros por ejemplo.

3.1.2.3 Zapatas Combinadas.

Se las suele emplear para integrar el funcionamiento de una zapata inestable o ineficiente por sí sola, con otra zapata estable y eficiente, mediante una viga de rigidez.

⁴⁰ **Caisson:** El pozo de cimentación, también conocido por su nombre en francés *caisson*, es un tipo de cimentación semiprofunda, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos. Tomado de:

http://es.wikipedia.org/wiki/Pozo_de_cimentaci%C3%B3n

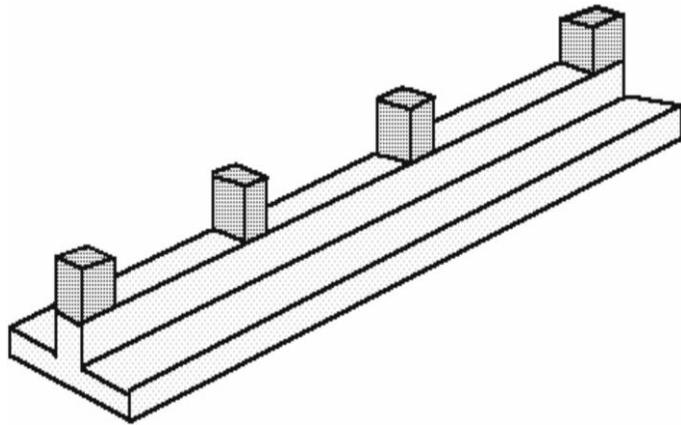


Imagen 25.- Ilustración de vigas de cimentación.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

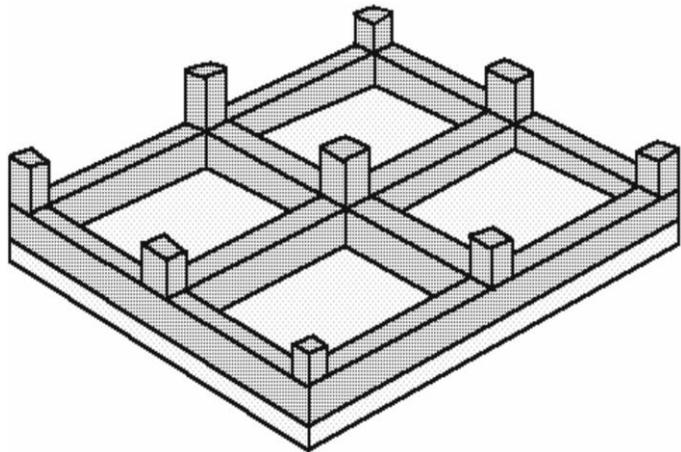


Imagen 26.- Ilustración de losa de cimentación.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

3.1.2.4 Vigas de Cimentación.

Llamada también cimentación corrida, se emplea en suelos de poca resistencia, para integrar linealmente la cimentación de varias columnas. Cuando se integran las columnas superficialmente mediante vigas de cimentación en dos direcciones, se forma una malla de cimentación.

3.1.2.5 Losas de Cimentación.

Se emplean en suelos con bajas resistencias, para transmitir adecuadamente la carga de varias columnas al suelo. Cuando al diseñar la cimentación mediante zapatas aisladas, la superficie de cimentación supera el 25% del área total, es recomendable utilizar losas de cimentación.

3.1.2.6 Pilotes.

Se los emplea cuando los estratos resistentes de suelo son muy profundos. El hincado de pilotes permite que se alcancen esos estratos resistentes. Pueden ir acoplados a zapatas o losas de cimentación. Se utilizan varios pilotes para sustentar a cada unidad de cimentación.

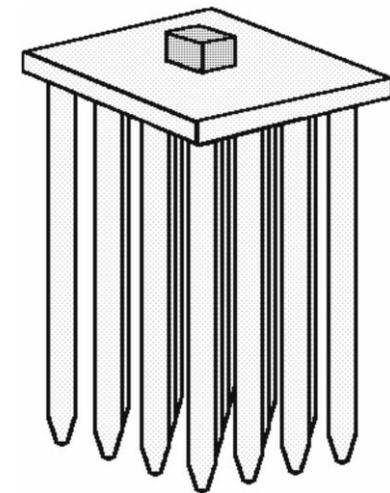


Imagen 27.- Ilustración de cimentación por pilotes.

Fuente: libro digital de Ing. Marcelo Romo Proaño

<http://bvirtual.espe.edu.ec/publicaciones/librosvirtuales/temas-de-hormigon.htm>

3.1.3 ZAPATAS PREFABRICADAS.



Foto 78.- Forma de las zapatas aisladas prefabricadas.

Fuente: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/15494/1/pon125_2.pdf

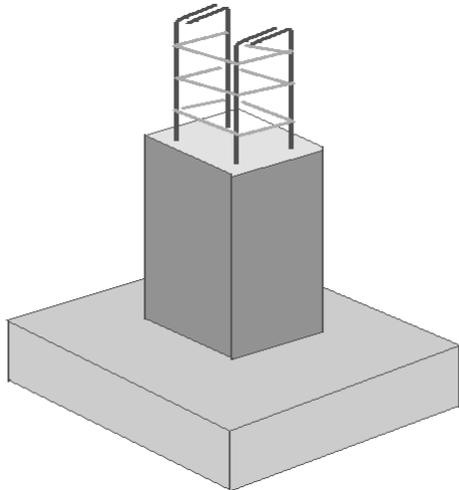


Imagen 28.- Forma que debería tener una zapata prefabricada para enlazarse con una estructura construida en acero.

Fuente: Imagen elaborada por el Autor.

Este sistema es óptimo en casos de edificios normalizados con cargas de no mucha importancia a transferir al terreno o con terrenos de buena calidad.

Se recomienda que la resistencia del hormigón sea como mínimo 240 kgf/cm².

En el proceso constructivo, se recomienda el uso de equipos topográficos para nivelar adecuadamente los niveles donde las zapatas prefabricadas se asentarán.

Esta superficie deberá tener un grado de compactación alto, y una capa de 7,5 cm de concreto nivelado para asentar sin inconvenientes las zapatas prefabricadas.

Medidas variables según fabricante. Generalmente las medidas oscilan entre 1m y 3m de base, y entre 80 cm y 2,50 m de altura. Esto depende del proyecto.

Se construyen en fábrica, se transportan y se montan en la obra sobre una base de hormigón de nivelación de por lo menos 180kgf/cm².

Para transporte y colocación en obra se necesita de grúas y camiones, debido a que por volumen y densidad son elementos que superan los 500 kg de peso.

Las riostras –o vigas de amarre de cimentación-, en caso de ser necesarias, se construyen in situ.

La mayoría de empresas que se dedican a la prefabricación de cimentaciones, consideran que la superestructura está elaborada con prefabricados de hormigón armado, por ello su forma, que permite colocar las columnas en un orificio, estabilizando el pilar o columna dentro de la zapata y rigidizando la unión con hormigón.

Es importante la tolerancia de la obra prefabricada que se apoyará encima.

La forma de la zapata prefabricada considerando que la superestructura será construida con estructura de acero, conlleva a modificar su geometría para permitir construir in situ las vigas de amarre de la cimentación y permitir la colocación de las placas de acero que servirán como anclaje de las columnas metálicas con la estructura de la cimentación.

3.1.4 EMPRESAS DEDICADAS A ESTA ACTIVIDAD.

En nuestro país existen empresas dedicadas a la prefabricación de elementos en hormigón armado, pero su mercado principal está enfocado en la elaboración de vigas, ya sea en tecnología pre-tensada o post-tensada, o como elementos sencillos de hormigón armado.

Referente a la cimentación se fabrica pantallas para muros, y pantallas que pueden ser utilizadas como cimentaciones corridas, pero no existe un producto tipo como se observa en las fotografías 78 y 79, un elemento tipo “T” invertido que funciones como zapata prefabricada.

Y una justificación del porque no existe mercado con este tipo de producto, se debe a la calidad de la construcción que se necesita para trabajar con este tipo de solución, teniendo en cuenta que excavaciones y nivelación de las estructuras de cimentaciones debe tender a la perfección para no tener inconvenientes con la estructura de la edificación; y por ello, nuestra mano de obra no está capacitada ni acostumbrada a llegar a este punto de exactitud constructiva, menos aún en la cimentación.

A continuación se da a conocer algunas empresas dedicadas a la fabricación de cimentaciones prefabricadas:



Foto 79.- almacenamiento de zapatas prefabricadas por APLIHORSA.

Fuente: <http://www.invertaresa.com/GRUPO/aplihorsa/espanol/que-hacemos/submenu-04/detalle-006.htm>



Foto 80.- Zapatas de gran tamaño elaboradas por la empresa LEADRY.

Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/leadri/zapatas-aisladas-prefabricadas-hormigon-armado-candeleros-118937-1139535.html>

1. APLIHORSA.

Aplicaciones de hormigón S.A .Elementos Estructurales Armados (MEXICO)
Cimentaciones prefabricadas

2. ANDECE.

Las zapatas son el elemento de cimentación principal y es sobre el que descansan los pilares de la estructura del edificio y su misión principal es transmitir a través de su superficie las cargas al terreno. Pueden ser de hormigón en masa o armado con planta cuadrada o rectangular.

Pueden ser aisladas (zapata sobre la que descansa o recae un solo pilar) centradas o descentradas (eje de la carga distinto del eje vertical de la zapata); y combinadas (apoyo de dos o más pilares).



Foto 81.- Cimentación corrida, que permite hormigonar en obra las vigas de amarre de la cimentación.

Fuente: <http://www.concretec.com.bo/nueva/index.php?page>



Foto 82.- Unidad Educativa “Calderón”. Quito-Ecuador

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.elcomercio.com%2Fconstruir%2Fedificio-Concreto-estructuras-metalicas-edificacion>

3. LEADRY.

Empresa dedicada a la prefabricación de zapatas de gran tamaño

4. CONCRETEC BOLIVIA.

Las zapatas prefabricadas de hormigón simple **CONCRETEC BOLIVIA**, son utilizadas en la conformación de cimientos corridos y tienen un excelente comportamiento estructural reemplazando totalmente al sistema tradicional de elaboración de cimientos corridos vaciados en situ. Con solo la colocación de una pequeña armadura en el canal de la zapata prefabricada, se obtiene un cimiento y sobre cimiento para toda la estructura de la vivienda.

5. HORMIPRESA.

Los cimientos son los elementos usados para el apoyo del edificio sobre el terreno. Hormipresa ha diseñado un sistema de unión hiperestática del elemento pilar metálico con el cimiento que está diseñado para soportar el empotramiento, evitando punzamientos y que permite la soldadura para unir la cimentación con la estructura.

3.1.5 PROYECTOS.

Al ser una tecnología nueva, en el Ecuador se encontró un solo proyecto que tiene cimentación prefabricada y se enlaza con estructura de hormigón y de acero.

El proyecto se edificó en la ciudad de Quito, y se trata del Centro Educativo “Calderón” Ecuador.

MAPRECO es otra empresa de Guayaquil, que está construyendo en la actualidad cimentaciones prefabricadas en hormigón para estructuras livianas de acero.

3.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

3.2.1 INTRODUCCIÓN.

Para la prefabricación de la estructura soportante se puede desarrollar en distintos materiales, como hormigón armado, madera, acero, hormigón pre o post tensado, o la combinación de estas soluciones.

Hay que considerar que la ingeniería de la construcción y la ingeniería estructural deben trabajar en conjunto para buscar una solución óptima que garantice la seguridad estructural de la edificación y que a la vez la tecnología constructiva sea viable y permita reducir los tiempos de ejecución.

Es muy importante considerar el tipo de enlaces o de uniones de la estructura, que garantice el correcto funcionamiento estructural del esqueleto soportante.

Como objetivo de esta investigación, se tiene el diseño de una vivienda con soluciones prefabricadas y con estructura de acero soportante, por esta razón, a continuación se indica de manera breve soluciones en hormigón, que es el material común utilizado en Ecuador para construir, y luego se mostrará las ventajas constructivas que permite el acero estructural.

3.2.2 PREFABRICACIÓN EN HORMIGÓN.

3.2.2.1 Introducción.

El hormigón es el más común entre los materiales de construcción, aprovechando sus características de resistencia a compresión, y combinando con varillas de acero de refuerzo en lugares a tensión, se convierte en un sistema estructural óptimo que reúne las ventajas de sus componentes.

Presenta características importantes de durabilidad, resistencia al fuego y versatilidad para adquirir formas, según su encofrado o formaleta.



Foto 83.- Hemeroscopium House, construida en 7 días, con elementos de vigas para puentes y piscina en su parte superior.

Fuente: <http://www.ison21.es/2009/03/07/hemeroscopium-house/>



Foto 84.- Unión de vigas y columna en una edificación prefabricada en hormigón armado.

Fuente: <http://blogs.eps.uspceu.es/estructuras/2008/03/25/1206484809131.html>



Imagen 29.- Esquema de unión de viga simplemente apoyada sobre columna con ménsula.

Fuente: <http://www.hotfrog.es/Empresas/Tecnyconta-Prefabricados-de-hormig%C3%B3n/Uniones-con-j%C3%A1cenas-mediante-apoyado-Pilares-de-hormig%C3%B3n-prefabricado-65288>



Foto 85.- Estructura prefabricada en hormigón armado.

Fuente: <http://www.tecnyconta.es/index.php?sec=23&id=25>

La prefabricación en estructuras de hormigón genera edificaciones robustas, con acabado arquitectónico y resistente a los efectos de la intemperie.

3.2.2.2 La Estructura.

El hormigón armado, ya sea en estado normal, o pretensado, presenta ventajas de durabilidad y rigidez en una edificación.

La desventaja es su peso, debido que, para resistir las solicitaciones normales de carga, a comparación con el acero, necesita de secciones más grandes, que implica mayor volumen de elementos, y en prefabricados, mayor costo en transporte y montaje, como se verá más adelante en un ejemplo.

En estructuras prefabricadas de hormigón, las columnas son elementos completos, construidas con ménsulas –también llamadas jácenas-, que permiten el descanso de las vigas prefabricadas.

Este tipo de construcción genera vigas simplemente apoyadas, que al analizar estructuralmente esta situación, se tiene que el momento máximo que debe soportar una viga se encuentra en la parte central, con un valor de momento máximo positivo, mayor al momento máximo, positivo o negativo, que suelen tener las vigas de hormigón armado en las construcciones tradicionales, puesto que en este último caso las vigas se consideran empotradas o continuas.

Esta diferencia de comportamiento de las vigas de simplemente apoyado a empotrado, genera vigas con mayor cantidad de acero o con mayor peralte para resistir las cargas que se generan en la estructura, y por ende mayor peso de elementos.

En el caso de estructuras de hormigón pretensadas, las vigas son más livianas, y permiten llegar a cubrir mayores longitudes, pero igual generan una importante cantidad de acero de refuerzo, debido al mismo concepto de que trabajan como vigas simplemente apoyadas.

Es importante diseñar esta conexión, puesto que las vigas no descansan directamente sobre las columnas, es necesario colocar dispositivos de unión, sencillos como neoprenos, o si el proyecto necesita, se instalara disipadores sísmicos.



Foto 86.- Columna con ménsulas, viga principal tipo “T” invertida y vigas doble “T” para vigas prefabricadas pretensadas en centro comercial de Cuenca.

Fuente: El Autor.



Foto 87.- Colapso del tablero del puente por reducido espacio de apoyo para las vigas de soporte, luego del sismo de 2010 en Chile

Fuente: <http://medelhi.wordpress.com/tag/sismografia/>

Las ménsulas se convierten en elementos importantes en las columnas debido a que reciben toda la carga de corte de las vigas, y su diseño debe garantizar que no tenga fallos bajo ningún tipo de efecto normal de servicio, menos aún bajo solicitaciones sísmicas.

Luego de los sismos de Chile a inicios de 2014, donde los puentes fracasaron por la pequeña longitud de apoyo, que era 20cm, pues se está analizando en incrementar en por lo menos 5cm mas para evitar caída de vigas que colapsen la estructura total; esto es importante considerar al momento de diseñar una ménsula.

Las vigas principales, o las vigas de carga, que soportan las vigas secundarias, suelen tener una geometría diferente a la tradicional, su sección típica es en “T” invertida.

Para la fabricación de elementos en hormigón, las empresas deben contar con un gran espacio físico, con equipos que soporten grandes pesos, y debe tener un control importante del curado; y en caso de pretensados, un control y cálculo adecuado para liberar la sujeción de los cables de alta resistencia, para evitar esfuerzos importantes de compresión a tempranas edades en el hormigón.

De igual forma los camiones que transporten los elementos prefabricados de hormigón llevaran un numero limitante de elementos debido a su capacidad de carga, esto implica que se necesitaran más viajes para transportar la estructura completa, como se demuestra en un ejemplo más adelante.

Para el montaje es importante considerar la capacidad de trabajo de las grúas, para evitar fallos como indica la **foto 37**.

Luego de analizar estas características de la estructura soportante en hormigón, se continúa con la estructura en acero, para conocer sus ventajas y beneficios.

3.2.3 PREFABRICACIÓN EN ACERO.

3.2.3.1 Introducción.

Las grandes estructuras, íconos de la construcción moderna, involucran nuevos procesos constructivos donde los diseñadores llevan al límite los



Foto 88.- Estadio Nacional de China, “Nido de Pájaro”. Se aprovecha las características estructurales del acero.

Fuente: <http://www.absolut-china.com/imponentes-edificios-sobrevaluados-en-china/>

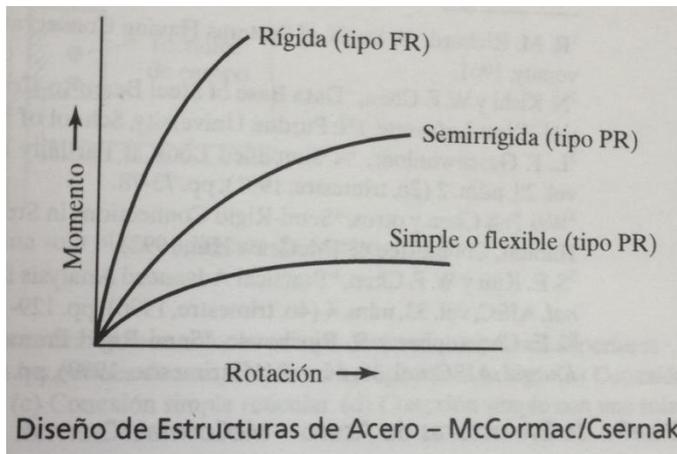


Imagen 30.- Relación entre el momento y la rotación existente en nodos de acero

Fuente:McCORMAC, Jack C. y otros (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Editorial Alfaomega. 5^a Edición, México. Pág. 529

materiales a la vez que optimizan la manera como estos son utilizados dentro de la edificación, combinando eficiencia y belleza.

Por ello, es importante tener claro las ventajas de un producto sobre otro ya que de esa manera podremos aprovechar sus bondades, ser eficientes y lograr economía dentro del proyecto.

Las estructuras metálicas han mostrado mundialmente que brindan ventajas indiscutibles sobre otros tipos. No obstante, podrían existir mitos en cuanto a su utilización que posiblemente generan un concepto erróneo acerca de su comportamiento bajo ciertas condiciones específicas.

Conocer sus ventajas y su verdadero funcionamiento nos permitirá hacer uso de ellas logrando reducción de materiales y tiempos de obra, lo que brinda economía en el total de la construcción.⁴¹

3.2.3.2 La Estructura.

En estructuras de acero, existe la posibilidad de diseñar las vigas como simplemente apoyadas o empotradas, dependiendo de cómo se considere la conexión.

Esta ventaja de poder elegir entre el tipo de conexión permite vigas de menos peralte, debido a que el momento máximo negativo es menor que el momento máximo positivo de las vigas simplemente apoyadas.

En el campo estructural de las conexiones en acero existen dos tipos de conexiones:

Las conexiones tipo FR comúnmente se designan como conexiones rígidas o continuas propias de marcos. Se supone que son suficientemente rígidas o que tienen un grado de restricción tal, que los ángulos originales entre los miembros permanecen virtualmente sin cambio bajo cargas.

Las conexiones tipo PR tienen una rigidez insuficiente para mantener sin cambio a los ángulos originales bajo carga. Se incluyen en esta clasificación las conexiones simples y semirrígidas descritas en detalle en esta sección.⁴²

⁴¹ Nota tomada del link:

<http://www.acesco.com/acesco/boletines/Notiacesco5.pdf>



Foto 89.- Nudo tipo FR, ensamblado mediante pernos.

Fuente: <http://puenteenacerolavilla.blogspot.com/>



Foto 90.- Nudo tipo FR, construido en taller y las vigas se ensamblan en obra mediante pernos.

Fuente: http://prefacero.com.ve/cw_site/1/link_3.php

Cuando se prefabrica en acero, la concepción de la estructura permite que la unión pueda realizarse mediante pernos o soldadura, dentro de cualquier tipo de conexión mencionada, pero también existe la posibilidad de que la conexión de viga columna pueda realizarse en taller, generando una columna con una parte de viga, para montarse en obra y acoplarse mediante pernos o soldadura el tramo faltante de viga, para generar los pórticos de la edificación.

Esta conexión se calcula para que la zona de ensamble coincida con el lugar de inflexión de la curva de momento, para generar una conexión que solo transmita el cortante de la viga.

En nuestro medio el tipo de conexión común es mediante soldadura, pero se prefabrican en taller columnas y vigas, además que se colocan capas de protección de pintura para evitar corrosión de los elementos.

Empresas locales como ARMETCO están iniciando edificaciones con conexiones mediante pernos, pero esto implica mucha disciplina para ejecutar cada uno de las etapas de fabricación de vigas y columnas, con la finalidad de no tener inconvenientes en el ensamblado de la estructura.

A pesar de que se respeta el sobre-ancho de perforación para uniones mediante pernos, es necesario realizar trabajos adicionales de perforación o momento de ensamblar la estructura.

3.2.3.3 Ventajas del Material.

Al analizar el peso por unidad de volumen que posee cada material tenemos:

⁴² Tomado textualmente de McCORMAC, Jack C. y otros (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Editorial Alfaomega. 5^{ta} Edición, México. Pág. 529.

Material	Peso Específico	Fluencia común
Hormigón de cemento, arena, canto rodado, piedra partida o granza granítica. Armado.	2.400 Kgf/m ³	210 kgf/cm ²
Acero o hierro laminado o soldado	7.850 Kgf/m ³	2530 kgf/cm ²

Tabla 1. Características técnicas del Hormigón Armado y del Acero.⁴³

Se observa que el acero es tres veces más pesado que el hormigón armado, pero al examinar el comportamiento estructural en función de sus límites de fluencia –respecto a las cargas máximas por unidad de área que pueden soportar- el acero es doce veces más resistente que el hormigón.

A continuación se indica con un análisis básico las ventajas del acero con respecto al hormigón armado, cabe recalcar que es una evaluación básica que no analiza esbeltez ni pandeo general de columnas.

Al analizar dos columnas, de 3 metros de altura, una en hormigón y otra en acero, se procede a calcular la superficie transversal necesaria de cada columna para soportar una misma carga de compresión (130.000kgf), que actúa paralela a su eje longitudinal, en función de su tensión admisible a compresión se tiene:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde;

σ es la tensión admisible del elemento a compresión.

F es la fuerza de compresión que actúa sobre el elemento.

A es la sección transversal necesaria del elemento bajo la carga a compresión.

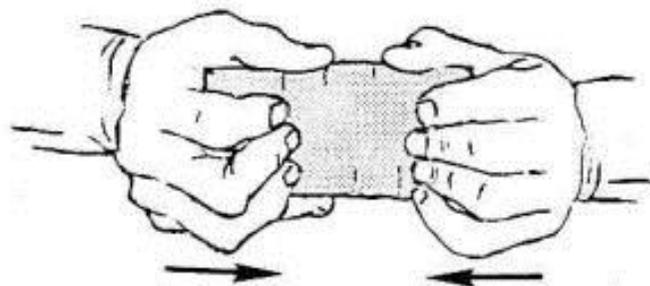


Imagen 31.- Esquema de un elemento bajo esfuerzos de compresión.

Fuente: <http://virutasf1.com/2014/03/viru-conceptos-basicos-de-ingenieria-de-competicion-capitulo-10/>

⁴³ Datos tomados del link:

<http://www.jossoft.com.ar/ARCHIVOS/Pesos%20Especificos.pdf>



Foto 91.- Estructuras mal concebida y mal construida, se observa esbeltez en los elementos de las últimas losas, y sobredimensionamiento en las primeras plantas.

Fuente: El Autor.

Considerando la tensión de cada columna, se calcula el área necesaria de cada una:

Material	Tensión Admisible (σ)	Fuerza de compresión (F)	Área requerida (A)
Hormigón Armado	210 kgf/cm ² .	130.000 kg	625 cm ²
Acero	2530 kgf/cm ² .	130.000 kg	51,40 cm ²

Ahora para determinar el peso de cada elemento se calcula el volumen para multiplicar por su peso específico:

Material	Área	Longitud	Volumen	Peso Específico	Peso Total
Hormigón Armado	625 cm ²	3 m	0,188 m ³	2400 kgf/m ³	451 kgf
Acero	51,40 cm ²	3 m	0.015 m ³	7850 kgf/m ³	121 kgf

Se tiene como resultado, que para soportar una misma carga, la columna de metal necesaria pesa 3.7 veces menos que la columna de hormigón.

Este dato es importante para el análisis de la maquinaria a utilizar para la construcción, por ejemplo, es fácil manipular entre tres trabajadores una columna de metal de 121 kgf, que una columna de hormigón armado que pesa 451 kgf, para esto se necesitaría el uso de estructuras adicionales de soporte y juego de poleas o tecles que ayuden a instalar esta columna.

El transporte también es importante considerar, debido a la cantidad de viajes necesarios para cumplir con el traslado total de las columnas, por ejemplo, si se tiene un camión ligero, de 2.5 toneladas de carga, se podrán transportar 20 columnas de metal en un solo viaje; en cambio, en un solo viaje se pudiera trasladar solo 5 columnas de hormigón armado, lo que indica que para transportar 20 columnas es necesario 4 viajes, que son costos adicionales en transporte.

Estas ventajas, además de las estructurales, de velocidad constructiva y menor área de cimentación, han generado el interés por la investigación de

la presente tesis con el objetivo de construir en acero la estructura de la vivienda, generando seguridad estructural a la edificación.



Foto 92.- Estructura mal concebida y mal construida, se observa esbeltez en los elementos de la segunda planta, desfase de columna, elementos de acero sin protección a corrosión, inadecuada combinación de materiales, baja calidad de construcción.

Fuente: El Autor.

3.2.3.4 Inconvenientes.

Es lamentable que se trabaje mal con la estructura en acero en proyectos importantes que ponen en riesgo la confiabilidad que recién está generando el acero, al construir de manera inadecuada con este material, como es el caso, que a criterio personal, está mal concebido en su estructuración, por la combinación de materiales, por la tipología constructiva, y por no proteger adecuadamente al acero de la intemperie en los proyectos habitacionales. Una vez más queda evidenciado que el mortero utilizado como enlucido es el maquillaje perfecto para tapar las imperfecciones y errores constructivos de nuestras obras, ocultando la realidad constructiva a los próximos habitantes de esas viviendas.

3.2.4 EMPRESAS QUE SE DEDICAN A ESTA ACTIVIDAD.

A nivel local existen empresas que se dedican a la fabricación de estructuras en acero, desde empresas consolidadas con técnicos que conocen sobre la estructuración en acero, hasta soldadores empíricos que ofrecen servicios de construcción en metal, quienes, por la falta de conocimiento estructural realizan obras de mala calidad, perjudicando el avance adecuado de las estructuras en acero.

Como se menciona anteriormente, ARMETCO es una de las empresas con personal calificado para generar edificaciones en acero, existen empresas con similar calidad, quienes están capacitados y cuentan con la maquinaria y equipos para edificar edificios y estructuras de importancia en nuestro medio.

En el caso de soldadores o maestros mecánicos, existen un sinnúmero de locales o talleres, quienes se dedican a la fabricación de cerramientos o mueblería en metal, que por costos se convierten en competencia a las empresas serias, pero que el producto final es de poca calidad.

3.2.5 PROYECTOS.

Como se observa en las imágenes de la **foto 73** a la **foto 76**, en nuestro medio existen varios proyectos que se están realizando en acero, el hecho de fabricar las vigas y columnas en taller, ya es prefabricación, cumpliendo un adecuado control de calidad, transportando los elementos y montando en obra.

En caso de remodelaciones o refuerzos, el acero estructural es una excelente opción por velocidad, y confianza estructural.

La **foto 93** y **foto 94** muestra el reforzamiento de una edificación destinada al negocio de compra y venta de vehículos, el cual, en primera instancia presentaba esbeltez en todos sus elementos, y se reforzó de manera adecuada para generar estabilidad a toda la estructura.



Foto 93.- Reforzamiento estructural de losa de entre piso con vigas prefabricadas en taller.

Fuente: El Autor.



Foto 94.- Reforzamiento estructural de edificación, trabajos en columnas.

Fuente: El Autor.

3.3 ESTRUCTURAS DE PISO.

3.3.1 INTRODUCCIÓN.

La estructura de entrepiso consta de dos grupos bien definidos, la estructura soportante y la estructura de losa.

La estructura soportante puede ser de acero, hormigón y/o madera.

La estructura debe ser capaz de acoplarse y unirse adecuadamente con la estructura soportante de toda la edificación.

La estructura de losa, considerada como la superficie donde uno transita, puede ser construida en hormigón, acero, madera, plásticos, o materiales sintéticos.

Los más comunes son: hormigón, metal con hormigón y madera o cementos sintéticos.

Si estamos en una edificación con prefabricados en hormigón para estructura soportante de la edificación, es decir, con vigas y columnas en

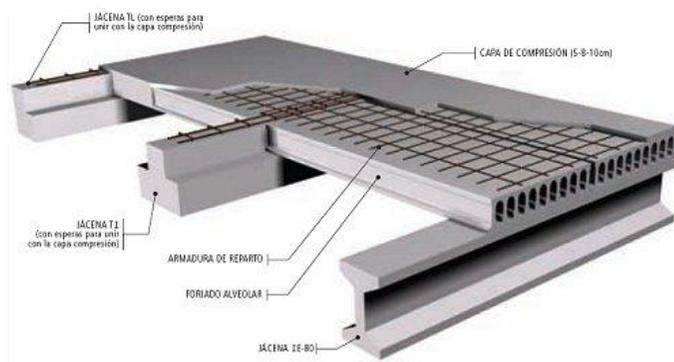


Imagen 32.- Esquema de entresque con losa alveolar y estructura soportante de hormigón.

Fuente:

<http://webs.demasiado.com/forjados/tipologia/semiprefa/plan/hormicon/losaalveo/indice.htm>



Foto 95.- Losa de piso con losa alveolar sobre estructura soportante de acero.

Fuente: <http://www.placasalveolares.com/2012/01/la-placa-alveolar-es-un-elemento.html>

hormigón armado y prefabricados, la estructura de losa se fabricará en hormigón armado, para mantener el material en toda la edificación.

En caso de viviendas prefabricadas con estructura soportante en acero, permite mayor versatilidad en la estructura de losa, además que este tipo de estructura requiere elementos adicionales para distribuir la carga adecuadamente a la cimentación.

En estructuras de acero se necesitan vigas secundarias, de preferencia en acero, para mantener homogeneidad en los materiales, y estos se combinan muy bien con cualquier tipo de material para estructura de piso, como losas prefabricadas de hormigón armado o pre-tensado, estructuras mixtas de metal con hormigón, placas de madera estructural o placas de fibras de cemento.

Como el objetivo de la tesis se enfoca en diseñar una estructura en acero, se realiza el enfoque en estructuras soportantes y estructura de losa que se acoplen con esta tipología.

Las vigas de entresque deben cumplir con resistir la flexión, sin fallos de pandeo local o global, de acuerdo al cálculo estructural.

Las perforaciones que se realicen en la viga, deben realizarse de acuerdo a lo establecido en la norma, pero si se requiere perforaciones mayores, la misma se debe hacer con refuerzo sobre la viga, para evitar el fallo estructural del elemento.

3.3.2 ESTRUCTURAS DE PISO EN HORMIGON.

Para estructuras en hormigón armado es común trabajar con losas prefabricadas de tipo alveolar, con tecnología pre-tensada, que ayuda a reducir el peso de la losa.

Se debe controlar adecuadamente la liberación de los cables tensores para evitar esfuerzos de compresión grandes a tempranas edades en el hormigón.

De igual manera se debe tener un cuidado en el proceso de curado de estos elementos.



Imagen 33.- Imagen que muestra las diferentes vigas tipo “I” que se utilizan para edificaciones grandes e importantes.

Fuente: <https://itunes.apple.com/es/app/perfiles-de-acero/id378864970?mt=8>

Son estructuras que se pueden acoplar a estructuras de acero, pero es necesario diseñar la conexión y garantizar que es un elemento que ayuda a la rigidez de la estructura en general.

Existen otros tipos de prefabricación para losas en hormigón como se observó en el punto 2.4.1. Empresas que prefabrican viviendas.

3.3.3 ESTRUCTURAS DE PISO EN ACERO.

Las estructuras comunes para entrepiso de acero para edificaciones grandes o importantes, son las vigas de acero conformado al caliente, vigas tipo IPE, W, o travesaños armados en placas laminadas al caliente, pero para cumplir con el objetivo de la investigación, se revisa información sobre entrepisos y estructuras elaboradas en acero conformado al frío, (ver **imagen 16**) de pared delgada, en acabado negro y no galvanizado.

El proceso común para elaborar las vigas de entrepiso en elementos conformados al frío es el siguiente:

- Limpieza de la superficie de los elementos de metal tipo “G”.
- Armado de las vigas tipo cajón, mediante puntos de suelda.
- Control de medidas y desperfectos del elemento armado.
- Sujeción de viga previo a soldado de unión.
- Soldado completo según diseño, con espesor de garganta, longitud de suelda y paso.
- Retiro de escoria de los cordones de suelda.
- Inspección visual de cordones de soldadura.
- En caso de cordones defectuosos, reparación de suelda.
- Pintado de dos capas de pintura.
- Almacenamiento.

3.3.3.1 El Montaje en Obra.

Para el montaje se debe chequear que en el proceso de transporte los elementos no hayan sufrido golpes o abolladuras, para que puedan ser ensambladas sin inconvenientes en la obra.



Foto 96.- Losa de piso en madera, con placas de OSB estructural. Losa seca.

Fuente:

<http://www.solucionesespeciales.com/2013/10/material-en-crudo-el-tablero-compacto.html>



Foto 97.- Losa de piso en metal (steel deck), hormigón y malla para esfuerzos de temperatura. Losa hidráulica.

Fuente:

<http://webs.demasiado.com/forjados/tipologia/semiprefa/plan/a/cero/>

Los desperfectos que pueda sufrir la capa protectora de pintura podrán ser reparadas una vez instalados los elementos.

Se recomienda en fábrica identificar y numerar las vigas y trabes con la finalidad de no tener confusión en el montaje, y evitar errores comunes de instalación de vigas en lugares diferentes en los que fueron diseñados.

En caso de elementos especiales se recomienda indicar a parte de su numeración y ubicación, se debe anotar cual será el lado que se encuentra para la parte superior, para evitar instalar una viga al revés.

Se deberá cumplir las normativas de tolerancia para instalación de elementos, tanto para uniones soldadas como empennadas.

Un problema común que debe eliminarse en el proceso de montaje e instalación, es el golpe con equipo menor como combos de hierro, para colocar o alinear los elementos adecuadamente, forzando a la estructura, y generando elementos deformados con abolladuras en sus caras.

3.3.3.2 Tipologías Constructivas.

Las losas de entrepisos tienen diversas soluciones constructivas y estructurales, cuyas aplicaciones dependen de las características de las solicitaciones y del diseño.

En general, se entiende que las losas deben soportar las solicitaciones permanentes y las eventuales, transmitiendo dichos esfuerzos a la cimentación mediante las vigas y columnas.

Las estructuras de acero pueden acoplarse a casi cualquier tipo de soluciones de losas, desde las prefabricadas hasta las hormigonadas in situ, como es la losa tradicional vaciada en obra sobre plancha metálica.

Las tipologías de piso pueden dividirse en dos grupos:

- Pisos de solución seca.
- Pisos de solución húmeda.

Cuando se habla de estructuras de losa a base de hormigón hidráulico, se le conoce como una solución húmeda, pero también existen soluciones secas en base de placas de OSB estructural o placas de Fibrocemento.

Detalle

> Las chapas preformadas de acero estructural galvanizado de diferentes espesores conforman junto al hormigón una losa estructural.

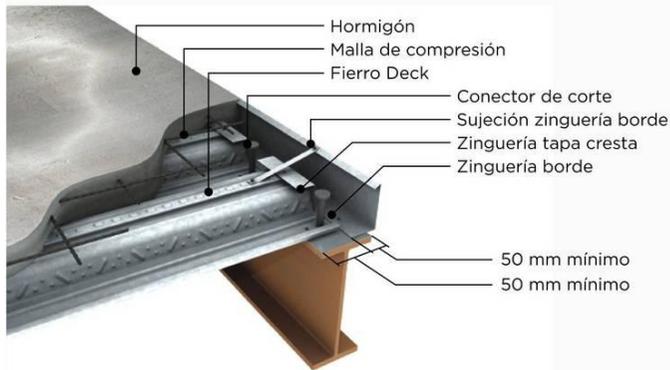


Imagen 34.- Esquema de losa con hormigón, Steel deck, vigas metálicas y conectores de cortante.

Fuente: http://arq.clarin.com/construccion/Encofrado-perdido-armadura_0_1074493086.html



Foto 98.- Rejilla de piso en metal.

Fuente: <http://www.metal-grating.com/rejillas.htm#>

Si la losa es hidráulica, y se analiza como un elemento compuesto entre losa y viga de soporte, es necesario que se instale en las vigas los conectores de cortante para garantizar que se transmitan las fuerzas tangenciales de la cortante a lo largo de la parte superior de las vigas.

Para esta conexión losa-viga se utiliza:

Pernos de corte –llamados también stud- de alta resistencia: soldados a las vigas metálicas a un distanciamiento definido por cálculo, se encuentran embebidos en la losa evitando los desplazamientos horizontales relativos entre los elementos que se conectan.

Los conectores de cortante pueden ser de diversas formas, tipo varilla, tipo T, en C o de la forma que el proyecto lo necesite.

Para usos industriales, o para comerciales, también es conocido el uso de pisos de acero que se acoplan directo a las vigas de acero, se construyen en tipo de rejillas, con pletinas soldadas que permiten la ventilación entre pisos.

La ventaja que ofrecen estos sistemas es su modulación y adaptación a condiciones específicas en función de un proyecto, desde construcciones industriales -para uso como pavimentos y pisos ventilados- hasta ser parte del equipamiento y mobiliario urbano.

En la actualidad, con este tipo de solución, existen interesantes propuestas de arquitectura contemporánea.

Una solución desarrollada por la industria del acero que actualmente se produce en casi todo el mundo es el encofrado colaborante metálico o “steel deck”, que consiste en un molde metálico de geometría generalmente trapezoidal que actúa como encofrado para permitir la colocación del hormigón hidráulico, pero actúa simultáneamente como parte de la armadura de refuerzo inferior de las losas.

Esta placa colaborante queda incorporada a la losa, reemplazando la armadura de tracción para momento positivo, formando un solo conjunto como losa de piso.

Para garantizar la adherencia entre la placa metálica y el hormigón que es vaciado en sitio, el molde tiene deformaciones o muescas que mejoran el anclaje mecánico.

La ventaja de este sistema es que permite salvar mayores luces, reduciendo la necesidad de apoyos intermedios, y en el proceso



Foto 99.- Apuntalamiento de losas de hormigón armado, construidas de manera tradicional.

Fuente: <http://webs.demasiado.com/forjados/tipologia/semiprefa/plan/acero/>



Foto 100.- Estructura de piso en acero, listo para verter hormigón, para este proyecto no es necesario apuntalamiento.

Fuente: El Autor.

constructivo no se necesita de un sinnúmero de puntales para las vigas y losas como es el caso de viviendas de hormigón armado, en circunstancias complejas se necesita un puntal en las vigas centrales y en las vigas principales, que en menos de 7 días pueden ser retirados, dejando libre los espacios inferiores donde se trabaja, agilizando y acelerando las siguientes etapas de construcción.

3.3.4 EMPRESAS Y PROYECTOS.

Las empresas y proyectos que se dedican a este tipo de trabajo, son las mismas que se mencionan en el punto 3.2.4 y 3.2.5 de la presente tesis.

3.4 TABIQUERÍA.

3.4.1 INTRODUCCION.

La tabiquería es el elemento plano que divide los ambientes dentro de una vivienda, generalmente construido con mampuestos de hormigón o arcilla, los primeros conocidos como bloques y los segundos como ladrillos.

En ambos materiales existen diversas dimensiones según el uso que se necesite dentro de una edificación.

Las tabiquerías construidas con metodología tradicional dependen de la calidad de la mano de obra y de la calidad del mortero de pega.

Son estructuras de gran rigidez, que aportan resistencia al soporte de cargas en las edificaciones construidas tradicionalmente, pero en caso de construirse la estructura resistente en acero, es recomendable aislar las paredes de la estructura para evitar fuerzas de compresión que pudieran afectar la estructura en general por golpes debido a movimientos sísmicos.



Foto 101.- Mampostería de arcilla en estructura de acero.
Fuente: El Autor.



Foto 102.- Mampostería de bloque en estructura de acero.
Fuente: El Autor.

3.4.2 TABIQUERÍA RECOMENDADA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO.

Debido a la tipología de las estructuras en acero, y considerando que los mampuestos no se adecuan de buena manera a las columnas y vigas metálicas, nace el sistema de panel con yeso-cartón, conocido como GYPSUM PANEL, al inicio fue utilizado como solución para remodelaciones y ampliaciones, pero con las experiencias y las ventajas de este producto se logra dar una nueva perspectiva a la construcción, convirtiéndose en un sistema industrializado de gran aceptación a nivel mundial.

Este sistema ofrece múltiples ventajas sobre la albañilería tradicional, por ser fácil de ejecutar, rápido, limpio, menor desperdicio y presenta un acabado de alta calidad.

Este sistema no necesita de morteros ni agua para su ejecución y armado, por ello toma el nombre de construcción seca, y es la solución más preferida en EE.UU., Canadá y el norte de Europa por sus ventajas, por esto se ha impuesto como el sistema constructivo favorito para tabiques y cielorrasos hace más de 30 años.

3.4.2.1 Estructura de Gypsum.

TRASDOSADO.

Se denomina trasdosado al revestimiento de cualquier tipo de muro que pueda existir, ya sea interior o de fachada.

Se denominan también estructuras falsas, por ejemplo placas de metal que simulan una pared o tabiquería de ladrillo, o un revestimiento de piedra.

Los dos tipos más comúnmente utilizados en la construcción de viviendas, son: el trasdosado directo y el trasdosado autoportante.

El trasdosado directo corresponde a la unidad constructiva realizada, “pegando” directamente al muro o pilares una placa, que en caso de fachadas lleva incorporado material aislante para otorgarle las características térmicas precisas e impedir por tanto la salida o entrada del calor.



Foto 103.- Instalación de paneles de Gypsum, con aislante intermedio.

Fuente: <http://www.proarca.com/blog/blog1.php/quieres-aprender-a-instalar-drywall>



Foto 104.- Edificación con placas de Gypsum en su exterior.

Fuente: <http://s2.accesoperu.com/clientes/mvc/drywall.htm>

El trasdosado autoportante está constituido por una estructura resistente de acero protegida contra la oxidación sobre la que se atornilla, por la cara de la vivienda, una o más placas de diferentes espesores. En los muros de fachadas lleva incorporado en su interior material aislante.

PLACAS DE YESO.⁴⁴

Las Placas de yeso-cartón constituyen el sistema más difundido en la compartimentación de espacios interiores en seco.

Placa maciza de yeso-cartón está conformada de roca de yeso hidratado ($\text{CaSo } 4 + 2 \text{ H } 2\text{O}$), se producen mediante la laminación continua de yeso en pasta, al núcleo de yeso se le adhieren láminas de papel de fibra resistente de un espesor de 0.6mm y de un gramaje aproximado de 300gr/m², un revestimiento de papel de celulosa especial sobre ambas caras logra estabilidad por la firme adherencia de sus componentes.

La unión de yeso y celulosa se produce por la penetración de moléculas de sulfato de calcio hasta la tercera capa del papel especial durante el proceso de fraguado en el tren formador.

Con la fundición de todos estos componentes se obtienen las propiedades y características esenciales de la placa de yeso de 2.44 x 1.22 m.

Los esfuerzos de tracción se absorben por las cartulinas y los de compresión por el alma de yeso. Las medidas y su poco peso hacen muy sencilla la manipulación en obra, permitiendo a un solo operario movilizar y montar las placas.

Los bordes longitudinales son chaflanados o rebajados para permitir un adecuado tratamiento de las juntas.

Las juntas suelen tratarse con cintas y con material de empaste para ocultar la unión de las placas, los manuales de esta tipología de construcciones dan varias soluciones para tratar las juntas.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Los perfiles para la colocación de tabiquería son conformados en frío con chapa delgada galvanizada. Requerimientos generales para chapas de

⁴⁴ Tomado del link: <http://www.construgypsum.com/gypsum>



Foto 105.- Instalación de planchas de lana de vidrio, como aislante de la tabiquería.

Fuente: <http://tucasanueva.com.mx/hogar/aislantes-termicos-una-ayuda-a-la-economia-del-hogar/>

acero: Norma ASTM A 924/A 924M. Especificaciones estándar para chapas de acero, con cobertura de zinc: Norma ASTM A 653/A 653M.

La estructura metálica de chapa galvanizada tiene perforaciones que permite diseñar en su interior todas las instalaciones eléctricas y de tomas de agua, sin realizar ninguna perforación o daño considerable a las placas de yeso-cartón.

Se deberá tomar precauciones si se desea anclar estanterías, muebles u objetos que puedan ocasionar daños en las estructura, para realizar esto, debe introducirse en la estructura unas piezas especiales como travesaños o soportes que absorben las cargas sin deformaciones, y los anclajes de los muebles deberán ser mediante pernos y directos a los montantes de la estructura para garantizar su anclaje y soporte sin fallo.

Estos perfiles fabricados en diferentes espesores, sirven de estructura para el armado de tabique y cielorraso.

3.4.2.2 INSTALACION DE TABIQUERIA EN SECO Y ACABADO.

Instalación.

Para la instalación de la estructura de la tabiquería en seco, se necesita de tornillos para unir soleras y montantes. El procedimiento de colocación es el siguiente:

- a) Se fija por medio de tacos de expansión la solera al techo y al piso, replanteando el muro que se desea construir.
- b) Los montantes deben colocarse verticalmente a una separación de 40 o 60 cm, dependiendo la resistencia que necesite el tabique, y se atornillan para garantizar la sujeción.
- c) Se cruzan las instalaciones para agua, luz, gas u otras por los agujeros que posee la estructura para tales necesidades. Las cajas de luz se fijan a la estructura o a las placas de yeso-cartón.
- d) Una vez que se encuentren listas todas las instalaciones para redes se procede a colocar las placas de yeso-cartón, atornillando en sus esquinas y partes centrales a lo largo del montante, y en lo transversal sobre los



Foto 106.- Acabado de tabiquería en paneles de yeso-cartón.

Fuente: <http://www.jacarnavarra.com/comercializacion-de-materiales/tabiqueria/>

montantes que cruza la placa, se coloca cinta en las uniones y se masilla las uniones y los tornillos, se deja un tiempo mínimo de un día para secar esta masilla, para proceder al masillado o empaste global de la estructura, luego se masilla se lija y se dan los acabados finales.

f) Si el proyecto lo solicita, se instalará las aislaciones térmicas y acústicas en el interior de la tabiquería, esto se realiza una vez que se haya instalado una de las caras de la tabiquería, y sobre

esta colocar los aislantes.

g) Todo este proceso es simple, limpio y rápido por lo que se obtiene una pared o un cielorraso, sobre pisos de madera, cerámica o alfombra sin ocasionar mayores molestias ni estructuras de apoyo especiales.

Acabado.

La placa de yeso permite una serie de terminaciones como pintura, empapelado, cerámico, texturado, etc.

Admite todas las pinturas del mercado, usándose siempre una primera mano de sellador.

La instalación de productos cerámicos se realiza con adhesivos específicos para pegado de cerámica.

3.4.3 GENERALIDADES DE ESTA TIPOLOGÍA DE TABIQUERÍA.

3.4.3.1 Cargas sobre el Tabique.

Para cargas que se apliquen entre 4 y 18 kg es posible usar tornillos simples con punta tipo broca, pero que se anclan adecuadamente a los montantes metálicos, pero para cargas mayores es necesario la instalación de un montante de refuerzo, esto facilita y garantiza colocar repisas, lavatorios, o muebles más pesados.

3.4.3.2 Propiedades acústicas y térmicas.

La estructura de placa-vacío-placa genera un aislante acústico y térmico, pero bajo, por ello la inclusión de materiales livianos en su interior, más cámaras de aire, permiten mejorar las características de aislación.

Los materiales más recomendados y usados son:

- a) Para aislamiento térmico: **Poliestireno expandido**
- b) En caso de aislamiento acústico y térmico: **Lana de vidrio**
- c) Para muros de altas exigencias físicas o muros linderos en edificios de propiedad horizontal, podemos usar sobre la estructura de tabique doble placa en ambas caras, estas placas pueden ser de yeso, madera o fibrocemento.

3.4.3.3 Tabiques de distribución.

Son las estructuras que separan las habitaciones y los espacios arquitectónicos dentro de una vivienda. Construida con la tipología ya mencionada.

Las distintas instalaciones necesarias para el edificio recorren el interior del alma de la estructura, incorporándose en ella durante el montaje del tabique sin tener que realizar cortes adicionales, por tanto, sin debilitar la estructura de tabique.

3.4.3.4 Tabiques de separación.

De una manera general, se denominan así a los tabiques que separan una vivienda de otra que se encuentra adyacente, pero que comparten la misma estructura, esto es común en viviendas de interés social, o en edificios multifamiliares.

Estas paredes se encuentran delimitando la vivienda y zonas comunes del edificio, como escaleras, portales, pasillos de distribución, etc.

Están constituidos por una o dos estructuras resistentes de acero, sobre las que se atornillan dos o más placas de diferentes espesores. Al igual que en

los tabiques de distribución, las instalaciones recorren el interior del alma, llevan incorporado material aislante.

Se encuentran también soluciones mixtas, compuestas por un tabique de ladrillo y, a cada lado de él, una unidad de tabiquería ligera.

3.4.4 EMPRESAS Y PROYECTOS.

En la actualidad existen muchos productos de distinta calidad para la ejecución de tabiquería en Gypsum.

Empresas ferreteras de la localidad venden los productos para la instalación de tabiquería con yeso-cartón, permitiéndole al cliente la facilidad de instalar por cuenta propia en sus hogares.

Estas empresas ferreteras también comercializan los materiales de aislamiento térmico y acústico.

Existe un gran número de obreros que se dedican a la instalación de este producto, no son empresas grandes, más son de tipo artesanal, con negocios pequeños, que ofertan a la comunidad trabajos en Gypsum, con productos como tabiquería, cielo falsos, estructuras falsas para remodelaciones, etc.



Foto 107.- Escalera de vidrio templado, con escalones prefabricados.

Fuente: http://www.marrettiescaleras.es/escaleras-de-caracol/bigfoto.php?photo=215&key=Escaleras_con_peldano_de_vidrio_5&ordine=187

3.5 ESCALERAS.

3.5.1 INTRODUCCIÓN.

Una escalera es una estructura que comunica a las personas con las distintas plantas de una edificación, permitiéndoles ascender o descender entre niveles.

Una escalera consta de planos horizontales sucesivos y equidistantes llamados escalones que están formados por huellas, contrahuellas y descansos.

PARTES DE UNA ESCALERA.⁴⁵

Ámbito.

Se conoce así al ancho de la escalera y se determina según el flujo de personas que van a trasladarse en ella.

Tramo.

Es toda sucesión de escalones comprendidos entre descansos, que deberá limitarse a 15 escalones seguidos.

Escalón.

Es cada una de las partes que compone un tramo de escalera, y está constituido por dos partes, una vertical, denominada contra huella, -cuyo valor ideal debe ser 17,5cm en escaleras principales y hasta 20cm en escaleras secundarias- y una parte horizontal llamada huella, -que puede medir entre 25 a 35cm, o en función del proyecto-.

Pendiente de las escaleras.

Es la relación entre contrahuella y huella; se puede indicar en grados (gradiente), y en porcentaje. La pendiente adecuada define una escalera como cómoda y segura. Para el trazado de escaleras, se adopta como norma general una huella extensa en pendientes poco pronunciadas; en cambio, en subidas empinadas, se realizan huellas más cortas.



Foto 108.- Estructura de Escalera en acero, con zancas y escalones prefabricados en taller.

Fuente: El Autor.

3.5.2 ESCALERAS PREFABRICADAS.

Existen diversas soluciones como materiales para la construcción de gradas, pero la tolerancia que se debe trabajar en gradas es alta, debido que es una de las estructuras más complejas de prefabricar, debido a la importancia de que todas las contra huellas sean iguales y que generen escalones equidistantes de inicio a fin, caso que no sucede en muchas edificaciones de construcción tradicional, donde generalmente el escalón inicial o el final son de distinta altura, generando conflictos en las viviendas, obligando al usuario acostumbrarse a este problema.

⁴⁵ Indicaciones del Arq. Juan García Gatica, del link:
<http://www.slideshare.net/BrendaAcabaldelCid/tema-14-escaleras-1>



Foto 109.- Escalera prefabricada, ajustable entre 35°-50°.

Fuente:

<http://opticretos.com/productos/escaleras-prefabricadas/>

Los materiales predominantes para la prefabricación de estructuras para escaleras son el hormigón, el acero y la madera., y la combinación de estos.

Diversas empresas como visualizamos en el capítulo anterior se dedican a la prefabricación de escaleras, ya sea en acero o con sistema Emmedue o M2, que es recubrir de malla y mortero a planchas de poliestireno, ahora observemos que menciona Opticretos, empresa Mexicana dedicada también a la prefabricación de escaleras.

Opticretos ha desarrollado un ingenioso sistema de escaleras prefabricadas arquitectónicas, que simplifican y embellecen enormemente las escaleras de los edificios. Tomando en cuenta los constantes problemas en los que incurren los arquitectos, desarrolladores y constructores, innovamos un sistema que permitirá hacer las escaleras más rápidas, arquitectónicas, seguras, durables y simples.

Consta de peldaños de concreto arquitectónico prefabricado de alta resistencia, que se fijan a alfardas metálicas o de concreto mediante conexiones prediseñadas.

Los peldaños prefabricados salen de planta con el color, acabado y textura previamente aprobada.

Más rápido, más seguro, más simple, más durable, más acabados, menos demoliciones, menos tiempo, menos desplomes, menos daños.⁴⁶

Propiedades generales.

La escalera prefabricada de la empresa PcP consiste en un sistema completo para montaje de escaleras pequeñas de tramo recto hasta la altura de un piso, y es posible ajustar los peldaños con una pendiente de 35° a 50°. Es un sistema de ensamblaje como se observa en la imagen adjunta, el material de esta estructura es acero galvanizado, lo que indica que puede instalarse en interiores o exteriores.

En la figura 35 se observa el desglose gráfico de la grada y sus componentes que permiten el armado de la grada.

1. Pie derecho.
2. Pie izquierdo.

⁴⁶ Tomado del link: <http://opticretos.com/productos/escaleras-prefabricadas/>

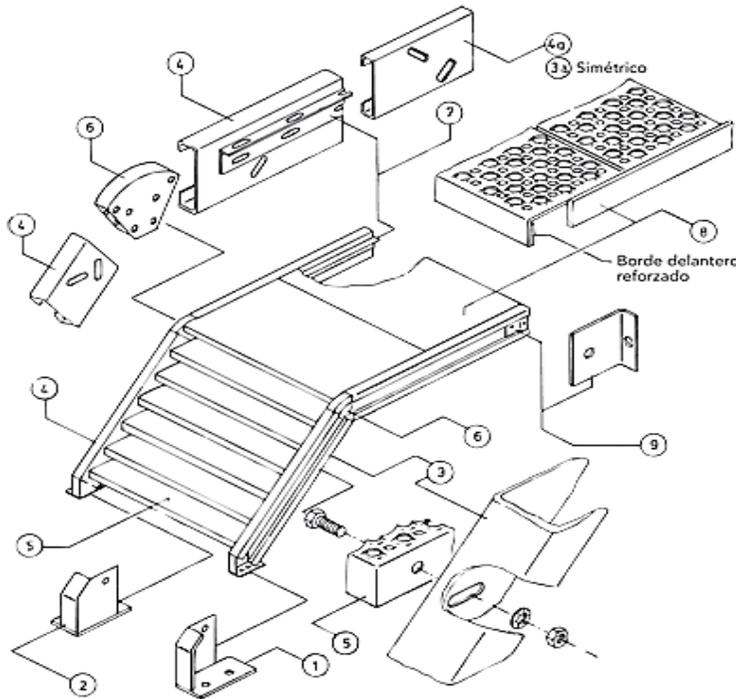


Imagen 35.- Esquema de una escalera prefabricada en acero.

Fuente: <http://old.pcp.dk/sp/content/samletrappe.asp>

3. Zanca derecha.
- 3a. Herraje para zanca derecha
4. Zanca izquierda.
- 4a. Herraje para zanca izquierda.
5. Peldaño PcP.
6. Ángulo universal para juntar/ fijación pared – zanca.
7. Ángulo soporte para plataformas.
8. Plataforma antideslizante PcP, modelo O2.
9. Fijación pared.

Nota: Para fijar una escalera sin descansillo directamente a una pared se utiliza el ángulo.

3.5.2.1 Escaleras prefabricadas en acero y madera.

Una empresa que se dedica a la fabricación de escaleras en acero es la empresa ELEVE, que tiene oficinas en Estados Unidos, Brasil y Argentina, donde indica en su página web un catálogo con varias tipologías constructivas, siendo las más llamativas las escaleras tipo caracol, pero una solución interesante que se pudiera ajustar a nuestra realidad es una escalera recta ajustable, que se muestra en la fotografía adjunta, donde en su parte inicial y final se encuentran apoyos ajustables mediante pernos que facilitan en obra ajustar el ángulo adecuado de la grada.

En nuestro medio en hormigón no existe algún ejemplo de grada prefabricada, pero si se puede mencionar que en acero se realiza una parte de prefabricación, en experiencia propia las zancas o vigas de soporte interno de escaleras se fabrican en taller según las medidas que se tienen en obra con respecto a la planta y al desnivel que se debe cubrir, los escalones se prefabrican en taller con perfiles conformados al frío para en obra soldarlos controlando la altura de su contrahuella.

El acabado es importante mencionar porque si la grada va a estar ubicado en un lugar de visibilidad los costos incrementan debido a su acabado,



Foto 110.- Escalera prefabricada en material acero y madera del catálogo de la Empresa ELEVE.

Fuente: <http://www.eleveescaleras.com.ar/fotos/kit/rectas-10.htm>

considerándose cordones de suelda con aspectos arquitectónicos y un adecuado anclaje inferior y superior, además del color que este va a tener, colores claros requieren mejor calidad de acabado y colores oscuros menor calidad de acabado, eso sí debe estar claro que por ningún concepto se podrá perjudicar la calidad en la parte estructural.

3.5.2.2 Materiales que pueden usarse para la huella.

OSB y maderas.

El tablero de virutas orientadas OSB está técnicamente elaborado, con capas que forman ángulos rectos entre sí, y este proceso se repite por varias capas, hasta llegar a los diferentes espesores comerciales.

Las capas exteriores son generalmente montadas en dirección longitudinal mientras que las virutas de las capas internas están dispuestas en dirección perpendicular a la longitud del tablero, esta combinación genera láminas resistentes y estables.

El panel se considera como un tablero estructural debido a que es construido con resinas fenólicas, es sometido a altas temperaturas y presiones, dando origen a tableros de grandes dimensiones que son luego cortados y sellados en sus cantos.

Propiedades Generales:

Los tableros OSB construidos bajo un estándar de calidad internacional adquieren las siguientes cualidades:

- Gran resistencia mecánica.
- Rigidez.
- Capacidad para aislante acústico.
- Resistencia a la deformación.
- Estabilidad dimensional, larga duración y conservación.
- No presenta defectos como ocurre con la madera sólida, no tiene nudos, puntos débiles, médulas huecas, ni rajaduras.
- También admite sin problemas clavos, grapas y tornillos.

Las huellas de madera ya sea en OSB o tablones de madera tratada y tallada se suelen colocar sobre estructura metálica o sobre hormigón. Pueden tener o no contrahuellas. Siempre se utilizan maderas duras o semi-duras que resistan el uso.



Foto 111.- Uso de OSB como material de acabado en huellas y contrahuellas en gradas.

Fuente:
<https://www.google.com.ec/search?q=escaleras+de+osb&source/>

CAPITULO 3. SISTEMAS PREFABRICADOS

Hormigón.

Existe la opción de prefabricar la huella de hormigón, y mediante estructuras de enlace acoplar a las zancas o vigas centrales de soporte.

En escaleras con materiales combinados, la estructura resistente y la base de la huella suelen construirse en acero, para posteriormente hormigonar la superficie de la huella, dejando la opción para colocar acabados como porcelanato o cerámica.

Acero.

Generalmente las huellas de acero no son muy vistosas arquitectónicamente, salvo se utilice acero inoxidable, pero su costo es elevado, todo dependerá del cliente y del diseñador; pero en gradas de emergencia que suelen construirse en edificaciones en la parte exterior, la huella al igual que toda la estructura son en acero, eligiendo para la huella planchas en espesores no menores a 2mm en acabado anti deslizante para evitar accidentes en caso de evacuación masiva por estas estructuras de emergencia, un claro ejemplo son las gradas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Hospital José Carrasco Arteaga, que se puede observar desde la Vía rápida Cuenca-Azogues.

Vidrio.

Para la utilización de vidrio en gradas, considerando los efectos y solicitaciones que puede tener, este material debe ser muy resistente para evitar roturas y accidentes, por ello se trabaja con vidrios templados y con espesores que superan los 10mm, elevando los costos de fabricación, pero en el aspecto arquitectónico es de muy alta calidad y diseño, esto dependerá del cliente y el diseño de su vivienda.

Es importante mencionar que el pasamano es una parte fundamental de la escalera, que al considerar el diseño y el material que se necesita, se incrementaría los costos del producto final, en ocasiones que la grada es complicada, el pasamano pasa a ser un elemento estructural que ayuda al soporte de la estructura.

Ver **foto 107.**



Foto 112.- Cubierta prefabricada de hormigón, que se enlaza con la estructura global de la edificación construida también en este material.

Fuente:

<http://www.archiproducts.com/es/productos/106277/cubiertas-cubierta-prefabricada-de-hormigon-pantheon-premac-prefabbricati.html>

3.6 CUBIERTA.

3.6.1 INTRODUCCION.

Toda edificación necesita de una estructura de cubierta para protegerse de las precipitaciones.

Existen diversas formas de cubierta, desde cubiertas planas de hormigón, hasta cubiertas inclinadas en metal con estructuras livianas.

Las cubiertas ligeras son las más adecuadas en zonas tropicales por condiciones climáticas y por economía.

Las cubiertas que se construyen en hormigón se consideran cubiertas pesadas, con costos más elevados, pero muchos usuarios por costumbre prefieren este tipo de cubierta.

Cuando no existe un adecuado proceso constructivo de este tipo de cubiertas, y no se ha tomado las precauciones necesarias en el curado del hormigón, este pierde rápidamente agua generando espacios moleculares en el concreto, que con el tiempo se conectan mientras estos terminan su proceso de fraguado y endurecimiento, teniendo como resultado una fisura que con el tiempo y las precipitaciones, se convierten en filtraciones, las famosas “goteras” que se convierten en una molestia para los usuarios, y se convierte necesario realizar más actividades constructivas como recubrimientos adicionales para sanar estos problemas.

3.6.2 ESTRUCTURA DE CUBIERTA.

Se presenta los elementos que conforman el sistema estructural de una cubierta.

1. Correas.
2. Vigas portantes.
3. Pilares estructurales.
4. Anclajes.
5. Placas de cubierta.
6. Lucernario.
7. Canalones o estructura de recolección y eliminación de aguas.

3.6.2.1 Tipos de Cubiertas.

Cubiertas planas.

Son cubiertas que están construidas de manera horizontal. Generalmente en hormigón armado. Y en ocasiones no tiene accesibilidad a los usuarios, lo que suele complicar su vida útil, debido a que no se realiza mantenimiento ni actividades de limpieza.

Cubiertas inclinadas.

Son cubiertas construidas con pendientes, con la finalidad de evacuar de manera inmediata las aguas lluvias de una vivienda.

Por aspectos arquitectónicos, suele combinarse varias cubiertas inclinadas en viviendas, generándose conflictos a futuro, debido que esta combinación excesiva de pendientes y dirección de cubiertas inclinadas suelen generar filtraciones a la vivienda, y por ende la aparición de las no deseadas “goteras”.

Cubiertas espaciales.

Llamadas también estructuras espaciales, conformada por un conjunto de barras metálicas que forman triángulos o cuadrados, con gran altura, para cubrir espacios grandes, y de bajo peso. Es importante la unión de las barras este bien realizada para que se distribuyan adecuadamente las cargas hasta las estructuras de soporte o de cimentación.

Una ventaja que presenta esta tipología es la velocidad constructiva, por su ligereza y montaje, a pesar de que se puede conseguir formas geométricas complejas.

Usada comúnmente en coliseos, hangares, aeropuertos, centros comerciales, estadios y lugares que necesitan de una estructura de protección y que su espacio es grande.



Foto 113.- Estructura de cubierta prefabricada de hormigón.

Fuente: http://www.gilva.com/producto5-deltas_prefabricadas.html



Foto 114.- Estructura de cubierta prefabricada de acero.

Fuente: <http://blog.balat.com/almacenes-modulares-desmontables/>

3.6.3 PLANCHAS DE CUBIERTA.

3.6.3.1 Fibrocemento.

Son planchas construidas con fibras y mortero a compresión y de manera ondulada, muy común en nuestro medio.

Estas planchas se unen a las correas mediante pernos tipo “J”, y suelen tener como acabados una pintura especial para cubiertas, o se instala encima de las planchas tejas de arcilla.

Este tipo de cubierta requiere una estructura más robusta para soportar las cargas muertas.



Foto 115.- Sustitución de planchas onduladas de Fibrocemento.

Fuente:<http://lacarlota.olx.es/quitar-uralita-en-cordoba-desmontar-cubiertas-de-fibrocemento-en-cordoba-amianto-iid-459412630#>

3.6.3.2 Acero.

Constan de una chapa metálica ondulada o trapezoidal, de color plata natural por el galvanizado, o por colores con aspecto arquitectónico para mejorar la presentación del producto.

Es liviano, y no es costoso, por ello se utiliza en edificaciones como edificios industriales, donde su peso y aspecto cumplen con las necesidades de un proyecto.

En ocasiones para ampliaciones de viviendas se utiliza como recurso de cubierta, debido a que por su ligero peso no es necesario una estructura robusta para su soporte.

Los inconvenientes no se dan en durabilidad por la contextura de la cubierta, más por la poca resistencia a impactos, que generan hundimientos en las planchas de cubierta, y en ocasiones el retiro de la capa protectora de galvanizado, iniciándose el proceso de oxidación en el metal de las planchas de cubierta.

La colocación de estas planchas delgadas debe estar bien realizada, para evitar que se desprendan de la estructura soportante por efectos de viento, y dependerá de la inclinación que la cubierta tenga en general.



Foto 116.- Instalación de planchas de Cubierta en Acero.

Fuente: <http://www.cintac.cl/novedades/wp-content/uploads/2010/07/cubiertas-acero.jpg>

3.6.3.3 Aislamiento Térmico.

Al igual que la cubierta anterior, consta de una lámina metálica, pero que en su interior ya tiene materiales adicionales que le permiten ser un material que genera una barrera térmica.

Este material común es el poliestireno expandido.

Es un sistema constructivo basado en un panel aislante de acero con núcleo de poliestireno. Su nueva unión longitudinal permite eliminar los puentes térmicos y mejora el aspecto estético del panel.

Gracias a su esquema de pintura, posee gran resistencia a la corrosión y a los ambientes húmedos. Su superficie homogénea permite una limpieza fácil y rápida

En nuestro país existen diversas empresas que distribuyen cubiertas en panel metálico, generalmente las empresas que se encuentran en la página de este documento.



Foto 117.- Instalación de planchas de Cubierta de Acero con aislamiento térmico y acústico.

Fuente: El Autor.

3.6.3.4 Cubiertas Tipo Sándwich.⁴⁷

Se compone de dos perfiles metálicos sin pintura o pre-pintados, de varios calibres y altura dependiendo el proyecto y la separación de las correas.

Estos dos perfiles están separados por una capa intermedia de material aislante que puede ser una placa de poliuretano expandido auto-extinguible, de densidad entre 35 y 38 kg/m³, poliestireno expandido auto-extinguible de densidad entre 13 y 15 kg/m³, o fibra de vidrio densidad de 64,11 kg/m³.

Según los requerimientos y especificaciones de aislamiento necesarios entre el exterior y el interior, se determinará el espesor de aislamiento considerando el material que se va usar para este propósito, en ningún caso este podrá ser inferior a 38 mm de espesor para panel de 1 y ½" y 50 mm para panel de 2".



Foto 118.- Instalación de planchas de Cubierta en Acero.

Fuente: <http://www.panel-sandwich.es/cubiertas-panel-sandwich/panel-sandwich-in-situ/cubiertas-in-situ->

⁴⁷ Tomado del link: http://www.cubiertec.com/pdf/manual_cubiertec.pdf

3.6.4 INSTALACIÓN.

3.6.4.1 Revisión de Estructura Metálica.

- El contratista o el encargado de la obra debe informar sobre el estado de la estructura para el montaje de la cubierta.
- Los aspectos que se deben tener en cuenta antes del montaje son:
- Instalación completa de correas y tensores.
- Correcta alineación de las correas en el sentido de la pendiente.
- Pintado total de la estructura.
- En caso de que se empiece a instalar las cubiertas antes de finalizar por completo la estructura soportante de cubierta, este debe tener por lo menos un 60% de avance, ya que los rendimientos de las dos actividades son muy diferentes.
- Instalación completa de las canales o canalones.



Imagen 36.- Producto Nacional, de textura y forma a teja de arcilla, elaborado en lámina metálica.

Fuente: <http://www.kubiec.com/>

3.6.4.2 Instalación de las Planchas de Cubierta.

Indistintamente del tipo de plancha metálica que se instale, sea con o sin recubrimiento, se debe cumplir con las siguientes indicaciones:

- La instalación de la cubierta se debe iniciar en sentido contrario a la dirección del viento predominante. Se colocan clips en la primera y última correa y luego con la ayuda de un hilo se guía para la instalación de los clips restantes; teniendo especial cuidado en que la línea que forman sea perpendicular a las correas.
- Si se tienen tejas traslucidas se debe considerar su ubicación de tal manera que al modular la teja metálica los vanos estén lo más aproximado posible al sitio fijado en el diseño.
- Los vanos tendrán el ancho exacto para la instalación de la teja traslúcida ya que esta se instala sobre las pestañas de la teja metálica y se asegura con tornillos autoperforantes con empaque de neopreno.
- Antes de iniciar la instalación de la segunda capa se debe verificar que la primera capa haya quedado correctamente instalada:



Foto 119.- Urbanización de los Maestros del Magisterio de la Ciudad de Azogues, con cubierta metálica tipo teja.

Fuente: El Autor.



Foto 120.- proyecto Nacional donde existen soluciones en placas metálicas para cubiertas.

Fuente:

http://www.kubiec.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=110:un-techo-para-mi-pa%C3%ADs-2011&Itemid=355

- Las planchas de la primera capa deben sobresalir como mínimo 5 cm sobre la canal.
- La pintura debe estar en perfecto estado.
- Todas las planchas deben estar bien sujetas a las correas.

3.6.5 EMPRESAS, PRODUCTOS Y PROYECTOS NACIONALES.

Las empresas que se encuentran indicadas en la página 76 de la presente tesis son las empresas que se dedican a la fabricación de varias tipologías de cubiertas en lámina de acero.

Sus productos son variados, con amplia elección para usos residenciales, comerciales e industriales, con planchas simples, con protección acústica y térmica y con estructuras tipo sándwich, permitiendo al cliente poder elegir el producto que mejor se acople a sus necesidades.

En un sinnúmero de proyectos se han utilizado estas soluciones prefabricadas de planchas metálicas.

Por su reducido peso, por su bajo costo y por sus ventajas constructivas, las planchas de cubierta en lámina de acero han sido elegidas para ser parte del proyecto “Un Techo para Mi País 2011” donde: En la navidad del 2011, las empresas Kubiec y Conduit destinamos parte del presupuesto de los regalos para ayudar a los más desposeídos de nuestro país.

Donando un equivalente a \$50.000 USD, asignados a la construcción de 15 casas y materiales por medio de la organización Un Techo para Mi País Ecuador, haciendo realidad el sueño imposible de muchas personas.

Nuestro aporte no fue solo económico para la compra de materiales, sino sobre todo, el esfuerzo físico de nuestros empleados, obreros y sus hijos adolescentes, quienes, con mucho cariño construimos las casas con nuestras propias manos y en nuestro tiempo libre.

Estamos seguros que ustedes recibirán de mejor agrado esta iniciativa.⁴⁸

⁴⁸ Nota: noticia tomada textualmente de:

http://www.kubiec.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=110:un-techo-para-mi-pa%C3%ADs-2011&Itemid=355



Foto 121.- Fachada tradicional de viviendas en la sierra de nuestro país.

Fuente: <http://fachadas-de-casas.blogspot.com/2012/10/ver-modelos-de-casas-por-dentro.html>



Foto 122.- Fachada contemporánea del Edificio de Posgrados de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca. Fachada en prefabricados de hormigón y de acero.

Fuente: El Autor.

3.7 FACHADA.

3.7.1 INTRODUCCIÓN.

En construcciones tradicionales, las fachadas son construidas en mampuestos de hormigón o arcilla, cubiertas por fachadas falsas, como piedras, cerámica o madera, que bajo dirección arquitectónica generan fachadas llamativas y novedosas en las viviendas.

Las fachadas pueden dividirse en dos grupos desde el punto de vista arquitectónico, en contemporáneas o tradicionales.

Dependiendo de la tipología constructiva de la edificación, las fachadas tienen diversas formas de construirse; si es vivienda con tipología tradicional, las paredes frontales son parte de la fachada y no necesitan anclajes adicionales, mientras que en viviendas con estructuras de acero, es importante analizar los anclajes y estructuras complementarias para formar las fachadas, pero eso no implica que los diseños sean limitados, al contrario, se puede diseñar cualquier tipo de fachada.

Cuando se trabaja con fachadas prefabricadas, que son adicionales a la estructura de la edificación, se analiza su anclaje y su estructura, generalmente son fachadas compuestas por módulos de pared que vienen hechos de taller, ensamblándose unos a otros en obra.

Las ventajas de este método residen en un mayor control de calidad, al fabricarse las piezas en taller, y en un proceso de montaje muy rápido que disminuye los tiempos de construcción.

3.7.2 FACHADAS PREFABRICADAS.

3.7.2.1 Fachada Metálica.

Al hablar de fachadas en metal, existen diversas soluciones, como acero corten, acero normal y aluminio –en aluminio existen diversas formas y texturas para fachadas metálicas-.



Foto 123.- Fachada metálica, sobre soportes de metal. Guggenheim de Bilbao.

Fuente: <http://www.abc.es/cultura/arte/20130304/abciguggenheim-201303041702.html>

Elementos de Fachadas Metálicas

Esquema tipo

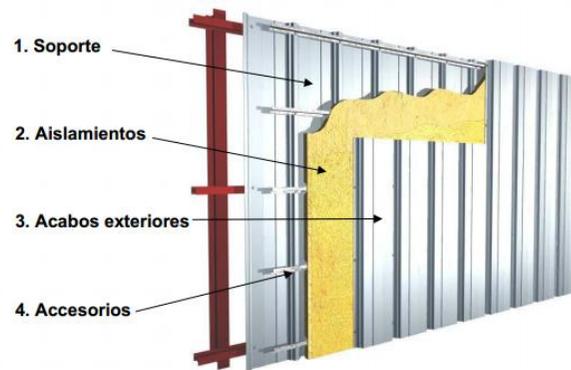


Imagen 37.- Esquema de elementos de Fachada en aluminio.

Fuente: http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/jornadaes/81/sistemas_de_cerramiento_met%C3%A1lico_y_su_evoluci%C3%B3n_ii.pdf

Para la prefabricación de fachadas metálicas el más común de los materiales es en aluminio, tanto como estructura de soporte como pieza de fachada.

Para La fabricación de estos paneles se realiza la unión de 2 hojas de aluminio a una pieza, durante el proceso de laminado se asegura mantener la rigidez y fortaleza, aun cuando sea sometido a cambios extremos de temperatura, a condiciones de alta presión o carga.

Características:

- Resistencia al impacto.
- Estanqueidad al agua.
- Confortabilidad térmica y acústica.
- Iluminación.

Paneles de aluminio.

1. Soporte:
 - Perfiles nervados o bandejas de acero o aluminio
 - Fábricas de ladrillo, bloque, etc.
 - Paneles prefabricados de hormigón
 - Otros.

2. Aislamientos térmicos:
 - Minerales
 - Manta de fibra de vidrio
 - Manta de lana de roca
 - Orgánicos
 - Poliuretano proyectado o inyectado
 - Poliestireno expandido.
 - Poliestireno extruido.
 - Cámaras de aire.

3. Acabados exteriores:
 - 3.1 Chapa perfilada grecada de acero o aluminio:



Imagen 38.- Fachada con perfiles industriales.



Imagen 39.- Fachada con perfiles arquitectónicos.

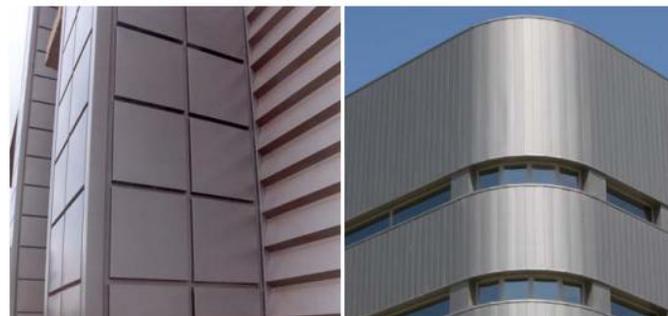


Imagen 40.- Fachada con perfiles tipo cassettes.

Fuente de la **imagen 38, 39 y 40:**

http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/jornadaes/81/sistemas_de_cerramiento_met%C3%A1lico_y_su_evoluci%C3%B3n_ii.pdf

Perfil grecado para cubrición fabricado en acero galvanizado o prelacado en diferentes espesores, con posibilidad de colocarlo en posición vertical u horizontal. También bajo consulta se pueden realizar en otro tipo de acabados como Plastisol o PVDF. Espesor según necesidades

3.1.1 Perfiles industriales.

3.1.2 Perfiles arquitectónicos.

3.2. Cassettes y lamas arquitectónicas

Los Cassettes Arquitectónicos son un novedoso sistema constructivo desarrollado con el objetivo de posibilitar la creación de fachadas arquitectónicas siguiendo las tendencias más modernas.

Alucubond.

Este material ha generado gran expectativa arquitectónica siendo parte de proyectos nacionales importantes, por su aspecto liso y de varios colores que generan fachadas llamativas.

Al igual que el resto de fachadas metálicas, necesita de una estructura de soporte para anclarse.

Se debe tener precaución en la instalación, puesto que existe gente sin experiencia que suelen instalar las planchas de alucubond con pernos visibles, dejando poco estético su acabado, para la instalación se recomienda materiales epóxicos que quedan ocultos y dejan las planchas visibles sin desperfectos.

Estadios, edificios, oficinas, bancos, universidades, centros comerciales han sido remodelados a nivel de fachada con la colocación de alucubond, pero lo interesante de este material es que puede ser rolado, de tal forma que puede cubrir desde espacios rectos hasta curvos, siendo material de forrado para columnas de sección circular tanto en exteriores como en interiores.

En nuestro medio, las empresas ferreteras comercializan las planchas de alucubond de varios colores y tamaños, pero el servicio de instalación se puede contratar con trabajadores de micro empresas que existen en la ciudad.



Foto 124.- Fachada mixta en vidrio y metal, con Alucubond de color gris y azul, en un concesionario de vehículos en la ciudad de Azogues.

Fuente: El Autor.



Foto 125.- En la parte superior se observa la estructura falsa para la marquesina, y en la parte inferior el acabado con planchas onduladas de color aluminio.

Fuente: El Autor.

Se recomienda realizar el contrato con los micro empresarios de manera directa, incluyendo el material, pero se debe pactar bien los costos por cantidad de área a instalar, y hacer referencia en la calidad de acabado y de material que se desea, para evitar conflictos al final del trabajo, y tener al final un producto y trabajo de calidad.

Fachadas metálicas de panel sandwich.

Es un elemento prefabricado y compuesto por una chapa interior, un aislante intermedio de espuma de poliuretano o lana de roca, y una chapa exterior. Se puede montar tanto en posición vertical como en horizontal. También bajo consulta la chapa exterior e interior, se pueden realizar en otro tipo de acabados. Espesor según necesidades.

- Panel sandwich industrial.
- Panel sandwich arquitectónico.

Elementos de Fachadas Metálicas.

- Perfilería intermedia tipo Z u omega.
- Retenedores o clips.
- Cierres estancos.
- Juntas de sellado.
- Placas translúcidas.
- Puentes térmicos.
- Persianas de lamas.
- Construcciones.

Productos nacionales para fachadas metálicas.

Al igual que las cubiertas, las fachadas son planchas delgadas de metal pre-pintadas, construidas por las mismas empresas nacionales que se mencionan en la página 76 de la presente tesis.

Al igual que los productos internacionales para fachadas, existen productos nacionales para usos residenciales, comerciales e industriales, dependiendo de su forma, espesor y color, tanto en planchas simples, con protección acústica y térmica, y con estructuras tipo sándwich, permitiendo al cliente poder elegir el producto que mejor se acople a sus necesidades.



Foto 126.- Viviendas con fachada en metal tipo sándwich. Casa Loma Verde.

Fuente: <http://enredadosenlaweb.com/wp-content/uploads/2013/03/loma-verde-6.jpg>



Foto 127.- Fachada en Vidrio del Aeropuerto José Joaquín de Olmedo, de la Ciudad de Guayaquil.

Fuente: http://ladrillazos.blogspot.com/2009_10_01_archive.html

3.7.2.2 Fachada en Vidrio.

Las fachadas en vidrio son comunes en centros comerciales que desean exhibir los productos o servicios que tienen en su interior.

Las exigencias para construir en vidrios son grandes en nuestro medio, debido a la vulnerabilidad sísmica y a la fragilidad que este material presenta, por ello se instala con juntas elastoméricas que garantizan un adecuado comportamiento durante efectos dinámicos.

Además las placas de vidrio son de espesores importantes alrededor de 1 cm para garantizar su comportamiento estructural.

Para evitar fallos frágiles las placas de vidrio son templadas, aumentando su resistencia, para evitar accidentes por fallas frágiles.

Las estructuras en vidrio necesitan de estructuras de acero para su armado y anclaje a la edificación.

En nuestro medio si existen empresas especializadas en este campo, que ofertan la instalación total de las fachadas en vidrio, hasta con doble placa de vidrio, para generar una mejor capa de aislamiento acústica y térmica.

El vidrio permite combinarse con perfilería de aluminio, PVC, metal, madera y acero inoxidable, dependiendo del proyecto y de las necesidades del cliente.

3.7.3 EMPRESAS, PRODUCTOS Y PROYECTOS NACIONALES.

Como se observa, los productos y las empresas que se dedican a las fachadas, son las mismas empresas que se mencionan en el punto 3.6.4. de la presente tesis.

Los procesos de ejecución son muy similares entre la construcción de cubiertas y fachadas en metal o vidrio, se necesita una estructura de soporte previo a la instalación de las planchas que conformarán la fachada.

Existen varios proyectos en la ciudad con los tipos de fachadas analizadas en este capítulo.

CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE LA VIVIENDA.

4.1 DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

4.1.1 RECOMENDACIONES.

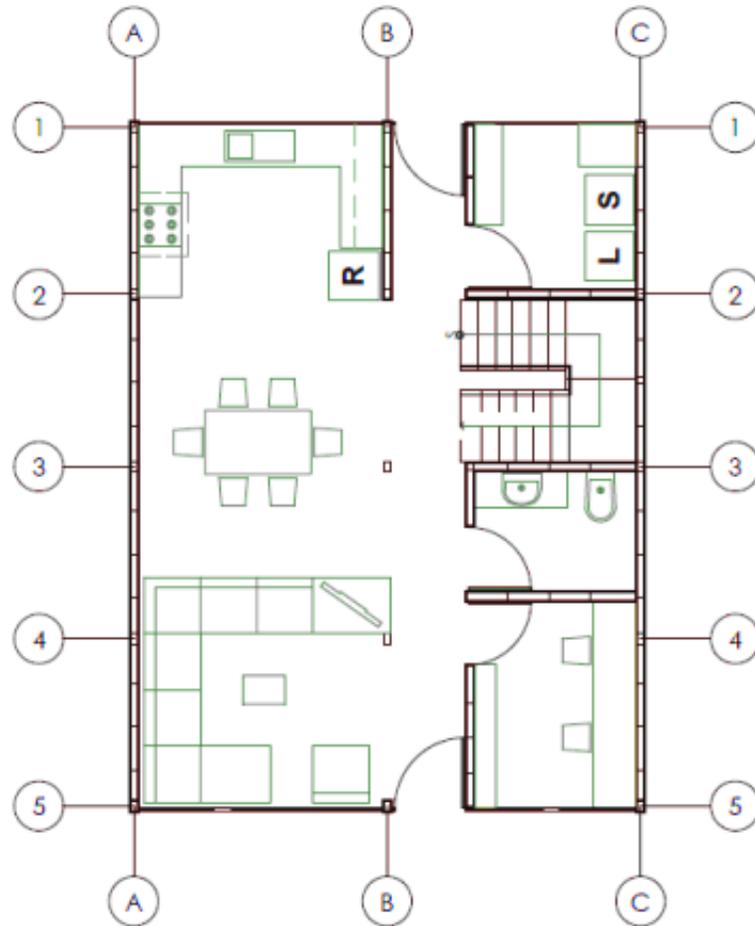
Para cumplir el objetivo de reducción de costos y velocidad constructiva, el diseño arquitectónico debe generar las facilidades para aprovechar las ventajas de la prefabricación.

Es importante que en el proceso de ejecución se tenga un riguroso control para garantizar la calidad de la obra, y respetar al máximo las tolerancias de construcción, para evitar inconvenientes en el montaje que alteren el proyecto arquitectónico inicial.

Las recomendaciones para el diseño arquitectónico varían en dependencia del material a utilizar y del proyecto.

Se recomienda generar ambientes con similares geometrías, donde los elementos sean repetitivos.

En casas o edificaciones destinados a vivienda, se recomienda tener una simetría en ambos ejes, con elementos de vigas similares, de ser posible un solo tipo de viga, pero esto en la práctica es complicado, por ello, se recomienda manejar hasta cinco tipos de vigas y hasta cuatro tipos de columnas por proyecto, para evitar confusiones en el armado de la estructura, y además para aprovechar los recursos en la fabricación de los mismos.



PLANTA BAJA

Imagen 41.- Distribución Arquitectónica de la Planta Baja de la vivienda prefabricada.

Fuente: El Autor.

Mientras menor sea las tipologías de elementos en un proyecto, mayor será su rentabilidad.

El concebir una edificación arquitectónica simétrica genera una buena disposición de elementos prefabricados, que ayudan al comportamiento estructural de la edificación.

La distribución arquitectónica debe buscar que los baños se encuentren siempre en un mismo espacio, es decir, que en todas las plantas de la edificación los espacios destinados a baños se instalen en un solo lugar.

Para que una vivienda prefabricada no tenga problemas por aguas lluvias se recomienda recolectarlas y transportarlas al suelo natural en el menor recorrido posible, dejando visible estas tuberías, para en caso de mantenimiento o reparación se lo realice sin afectar la vivienda.

Para evitar la humedad del terreno natural se recomienda que el nivel de la planta baja de la edificación esté por lo menos 15 cm por encima del punto más alto del suelo natural.

El prefabricado debe permitir el armado y desarmado de la edificación, eso es importante en el proyecto, para generar una vivienda que pueda ser recuperable, de ser posible desde la cimentación; pero de no conseguir esto, si es importante que la superestructura –entendiendo como superestructura todo lo que se construya por encima de la losa de la planta baja- sea recuperable, dándole la característica de desmontable a la edificación para su reutilización.

4.1.2 DISEÑO.⁴⁹

Considerando y analizando las recomendaciones para el diseño arquitectónico se plantea las siguientes ideas:

Se analiza una vivienda para cuatro personas por familia, con opción de un quinto miembro, con los espacios necesarios de una casa, garantizando el buen vivir de la familia que puede usar la edificación.

⁴⁹ El diseño se llevó a cabo con un profesional del campo de la arquitectura, para generar una adecuada distribución de los espacios y acatando las recomendaciones arquitectónicas para edificaciones prefabricadas.

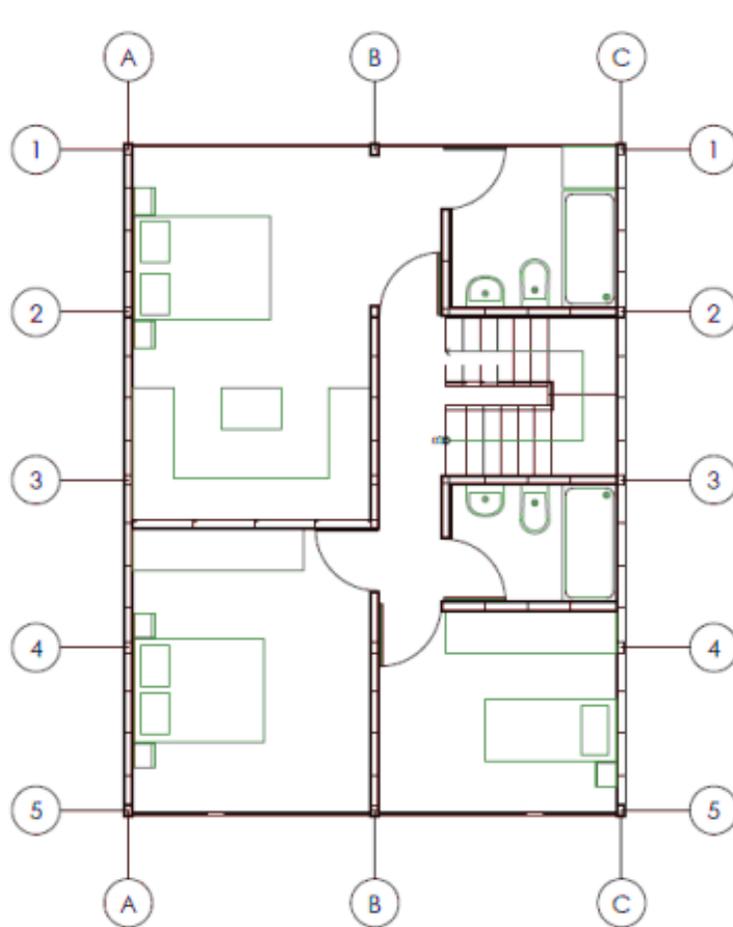


Imagen 42.- Distribución Arquitectónica de la Planta Alta de la vivienda prefabricada.

Fuente: El Autor.

Para planta baja se propone tener los siguientes espacios:

- Sala.
- Comedor.
- Cocina.
- Baño social.
- Estudio.
- Lavandería.

Para planta alta se propone los siguientes espacios:

- Dormitorio master, incluido vestidor y baño.
- 2 dormitorios normales.
- Baño.

Se cumple con la recomendación de que el baño de la planta alta coincida en espacio con el baño de la planta baja, además se proyecta que el baño del dormitorio master permita depositar de manera directa la vestimenta usada en el cuarto de lavandería.

La fachada y la parte posterior permitirán el ingreso de iluminación natural a la vivienda.

Los espacios están pensados para circulación sin conflictos dentro de la vivienda.

Se establece simetrías en ambos ejes, que facilita la organización de la estructura soportante de acero.

Las dimensiones están pensadas para que permita la adecuada colocación de las placas de fibrocemento en pisos y tabiquerías, reduciendo en lo posible los desperdicios.

Las fachadas –frontal y posterior- serán construidas en aluminio y vidrio, siendo ligueras, acoplándose a los pórticos adyacentes de la estructura de acero, permitiendo el ingreso de iluminación natural.

Las ventanearías serán ubicadas de tal manera que permitan la adecuada ventilación y renovación de aire al interior de la vivienda.

4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL.

Una vez que se tiene el diseño arquitectónico, se procede a realizar el diseño de la estructura de acero que será la encargada de absorber todas las solicitaciones de la vivienda, incluyendo efectos de sobrecarga por sismos, y cumplir adecuadamente con los conceptos de sismo-resistencia.

Como experiencia se expone lo siguiente:

El trabajo conjunto de arquitectos e ingenieros calculistas y constructores concibe proyectos que cumplen con las expectativas de la prefabricación, aprovechando al máximo los beneficios de los materiales.

Esta experiencia confirma lo expuesto en la **figura 4** de la *pág. 41* de la presente tesis, donde recomienda que el equipo que realice un proyecto con prefabricados debe estar compuesto por ingenieros y arquitectos para obtener excelentes productos como resultado.

El diseño estructural de la edificación fue concebida en estructura metálica, por el bajo peso de los elementos prefabricados, permitiendo la manipulación de los elementos solamente con personal, sin ayuda de maquinaria pesada, reduciendo costos en el transporte y montaje de la edificación.

Considerando que en obra no va a existir maquinaria para el montaje, se asume que la construcción de las zapatas, y vigas de amarre a nivel de cimentación, al igual que la losa de planta baja se realice in situ, con hormigonado y curado que garantice su calidad, pero de igual manera se observa que es simétrico, lo que permite la mecanización de la construcción, aprovechando la reutilización de los encofrados.

Con este proceso constructivo, y analizando lo expuesto en el punto 2.3.3.5 *Clasificación de los sistemas constructivos prefabricados*, la vivienda diseñada entra en el grupo de la prefabricaciones Híbridas, como se indica en la *pág. 49* de la presente tesis.

La estructura se encuentra adecuadamente distribuida de tal manera que su comportamiento estructural bajo cargas dinámicas sea eficaz, además de facilitar su armado en obra.

La investigación de la presente tesis generó la necesidad de revisar la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2011 (NEC 2011), en su capítulo diez referente a Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros,

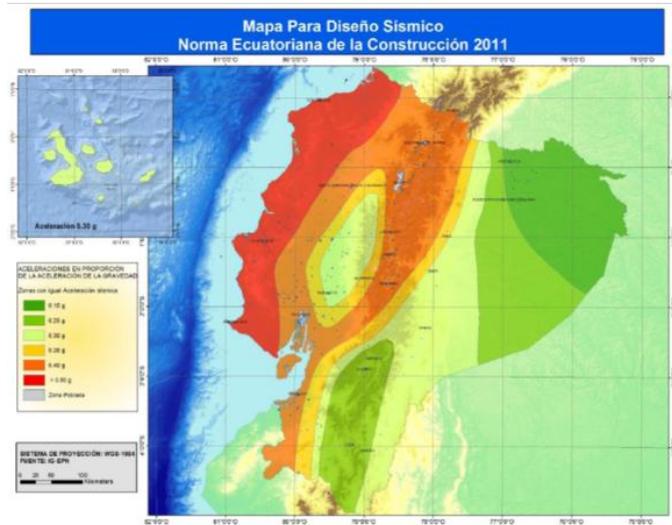


Imagen 43.- Mapa sísmico del Ecuador. Tomado de la *figura 2.1* de la NEC 2011.

Fuente: NEC 2011. Cap.2. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25

Imagen 44.- Primero Tabla 2.1. Valores del factor Z en función de la Zona sísmica adoptada.

Segundo Tabla 2.2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.

Fuente: NEC 2011. Cap.2. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente.

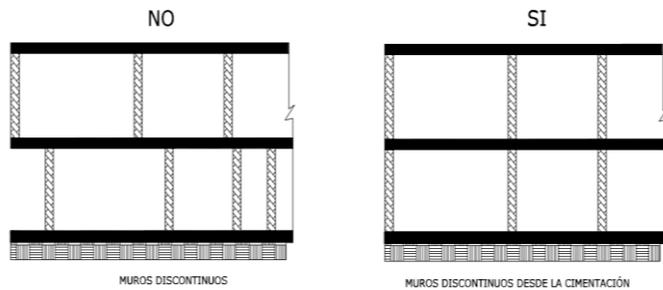


Figura 10.17 Continuidad en elevación para edificaciones.

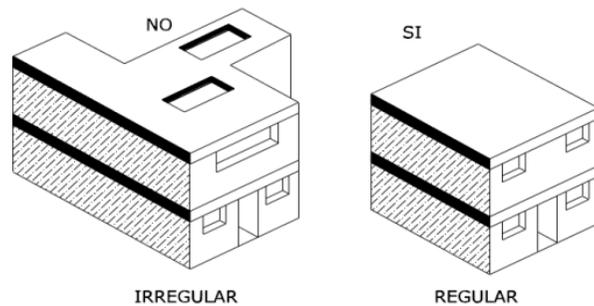


Figura 10.18 Planeamiento regular en edificaciones.

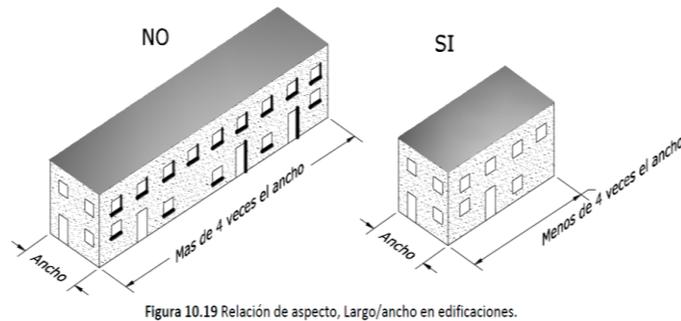


Figura 10.19 Relación de aspecto, Largo/ancho en edificaciones.

Imagen 45.- Esquema de aspectos a considerar para la Configuración Estructural en viviendas de hasta dos pisos.

Fuente: NEC 2011. Cap.10.6.2. Configuración Estructural.

10.5.5 Muros portantes livianos de acero (*Steel Framing*), que hace referencia al Sistema de Estructuras Livianas (SEL), que puede ser considerado como muro portante, que genera rigidez a la edificación, razón por la cual los perfiles que cumplan con la NTE INEN 2526, de perfil conformado al frío con superficie galvanizada se consideraron para el diseño estructural de la vivienda prefabricada.

Avanzando con la revisión, se comprueba que la vivienda cumpla con el punto 10.6.2. *Configuración Estructural*, en todos sus ítems:

- Continuidad vertical.
- Regularidad en planta.
- Regularidad en altura.

Y desde la concepción arquitectónica se cumple con el punto 10.6.3. *Simetría*, que además de generar elementos con menos repeticiones en la edificación, también tiene el objetivo de evitar torsión en la edificación en caso de sismo.

Cumpliendo con estas indicaciones, se procede con el análisis a detalle de las uniones entre columnas, vigas y vigas secundarias, con el objetivo de que el armado en obra sea rápido y sencillo, además de garantizar que la conexión no fracase, y mediante pernos ajustar los elementos.

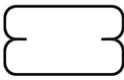
En base a la **imagen 30** de la *pág. 86* de la presente tesis, se hace referencia a la relación de momento respecto a la rotación del nudo en estructuras de acero, se considera que las uniones entre vigas principales y columnas serán semirrígidas y las uniones entre vigas principales y vigas secundarias serán simples.

Para cumplir con las conexiones se considera la utilización de dos pernos para las uniones semirrígidas y un solo perno para las uniones simples.

Para evitar el fallo por cortante en las uniones, se diseña un soporte en base de perfiles tipo ángulo que garantiza un rápido montaje y aumento de resistencia.

Con estas indicaciones estructurales se procede a modelar la estructura en acero, con la siguiente disposición.

- Para columnas, perfiles tipo "G", unidos de tal manera que formen una columna tipo cajón.
- Para vigas principales, perfiles tipo "G", unidos de tal manera que formen una viga tipo cajón.

SECCIÓN	DIMENSIONES (mm)	USO DEL ELEMENTO	PESO/m (Kg/m)
	150x100x2	COLUMNAS	8,38
	150x100x3	VIGAS PRINCIPALES. EJES: 1-2-3-4-5.	12,26
	100x100x2	VIGAS PRINCIPALES. EJES: A-B-C.	6,08
	90x90x2	VIGAS SECUNDARIAS	5,67
	150x100x3	VIGA PARA APOYO DE GRADA	12,26
	100x100x2	VIGAS PRINCIPALES DE CUBIERTA	6,08
	80x40x15x3	CORREAS PARA CUBIERTA	4,01
	100x40x17x1,3	PERFIL TIPO "G". (CRUCERO) GALV. MURO PORTANTE	1,47
	100x35x0,9	PERFIL TIPO "C". (CAPPA) GALV. MURO PORTANTE	1,22
	200x200	CADENA DE CIMENTACION CON VIGA ELECTROSOLDADA PREFABRICADA TIPO V5	90,59
	200x200	COLUMNA DE CIMENTACION CON VIGA ELECTROSOLDADA PREFABRICADA TIPO V8	92,40

Cuadro 1.- Cuadro resumen de los elementos diseñados para la estructura de la Vivienda prefabricada.

Fuente: El Autor.

- Vigas secundarias, perfiles tipo "G", unidos de tal manera que formen vigas tipo cajón, pero de peralte inferior a las vigas principales.
- Para la tabiquería exterior de la estructura se utiliza el concepto de muro portante con el sistema SEL, con los perfiles que la empresa TUGALT –Empresa que fabrica a nivel del Ecuador este sistema en bajo Norma INEN- que aporta con rigidez a la estructura.

Las uniones son ingresadas al software Etabs, respetando la ideología de semirrígido y simple, en las conexiones que corresponden.

Para garantizar que la edificación sea sismo-resistente, se modela la estructura con los datos del espectro de diseño que la NEC 2011 recomienda, además de analizar la zona correspondiente a la ciudad de Cuenca, según *Tabla 2.2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.*

Se utilizó la carga viva recomendada para viviendas de la *Tabla 1.2. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo y concentradas, Po* de la NEC 2011, del capítulo 1. Cargas y Materiales.

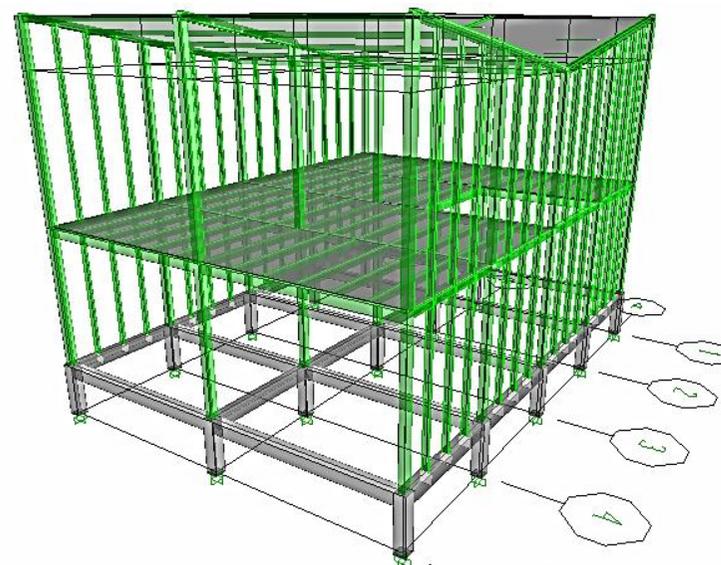


Imagen 46.- Esquema de la estructura con muros portantes de acero. Imagen tomada del software Etabs.

Fuente: El Autor.

Luego de realizar varios análisis al modelo estructural, se tiene como resultado los elementos indicados en el **Cuadro 1** de la pág. 126.

4.3 DISEÑO FINAL DE LA VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.

Previo al diseño estructural, se elige la tabiquería de gypsum para la división interior de la vivienda, para considerar las cargas que esta solución genera sobre la estructura.

Para las siguientes partes de la edificación se indica por secciones como está mostrado en el Capítulo 3 de la presente tesis, la elección de la solución prefabricada que se acople a la estructura de acero.



Imagen 47.- Esquema tridimensional de la estructura de acero conformada al frío y la estructura de cimentación.

Fuente: El Autor.

4.3.1 CIMENTACIÓN.

Como se menciona anteriormente, se decide no contar con maquinaria pesada para el montaje de elementos prefabricados en obra, razón por la cual, se toma la decisión de realizar la cimentación y la losa de piso in situ, donde se coloca el hormigón directamente en los cofres, pero como se observa las dimensiones son idénticas de todas las zapatas, columnas y vigas de amarre de cimentación, para optimizar el uso de los cofres de madera, por lo menos dos usos.

Se recomienda compactar el suelo existente entre los interiores de las vigas de amarre de cimentación, para colocar replantillo de piedra y luego colocar 5cm de hormigón para generar la superficie de la planta baja de la vivienda.

Por la decisión de no usar maquinaria para el montaje, se elige la cimentación in situ, lo que genera una estructura no recuperable; siendo la única parte de la vivienda que no puede ser recuperable.

En caso de usar maquinaria para montaje de elementos, se puede optar por soluciones prefabricadas de cimentación, como se observa en la **Foto 78** y **81** de las páginas 82 y 84 respectivamente de la presente tesis, convirtiéndose la subestructura en elementos que pueden ser recuperables.

4.3.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

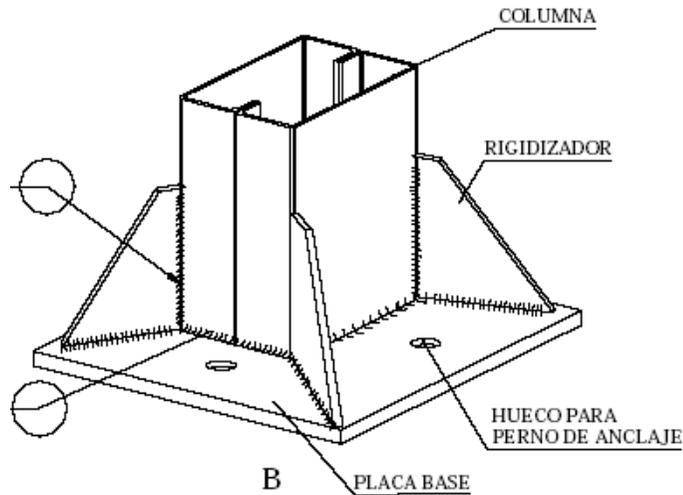


Imagen 48.- Esquema de la columna y la placa de anclaje con la cimentación.

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/porticos-de-acero.html>

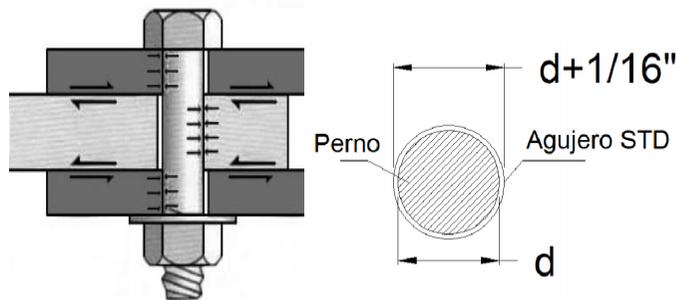


Imagen 49.- En la imagen se observa el sobre-ancho existente entre el diámetro de perforación de las placas y el diámetro del perno de conexión.

Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/soluciones-constructivas/41-uniones-y-conexiones>

Cumpliendo con el objetivo de la tesis, la estructura soportante se realiza en acero, con vigas y columnas tipo cajón, conformadas por la unión de dos perfiles tipo "G", soldados mediante el sistema GMAW, que garantiza un correcto comportamiento estructural de los elementos.

Las soldas deberán ser continuas, sin porosidades, retiradas las escorias, limpiadas con cepillos de acero, y pintados conjuntamente con todo el elemento.

La pintura deberá ser colocada en dos capas, con un tiempo intermedio que permita el secado completo de la primera capa.

Los perfiles del sistema SEL, generan estructuras de muros portantes en metal galvanizado, que, sumados con la estructura soportante en acero conformado al frío, se vuelve un elemento liviano que distribuye las cargas uniformemente a la cimentación.

Las columnas tendrán las placas de cimentación soldadas de taller para ser empernadas en obra con la cimentación, para esto se recomienda usar placas de madera falsas, con la distribución de las perforaciones para los pernos, permitiendo que, luego de hormigonar la cimentación ser retiradas, y dejar solo los pernos embebidos en el hormigón, para luego instalar las columnas con las placas soldadas y atornillar a la cimentación.

Se deberá cumplir con las tolerancias constructivas, tanto en verticalidad como dimensional, para la verticalidad no sobrepasar de $H/300$, donde H es la altura de la columna, como indica las Norma Sismo Resistente de Colombia del 2010 (NSR 10), la NEC 2011 no tienen información referente a las tolerancias constructivas, pero es válido comentar esto, para evitar que el resto de elementos sean armados con dificultad.

Las perforaciones de las vigas y columnas, que permite la colocación de los pernos en las uniones simples y semirrígidas, debe tener, como la norma indica, $1/8$ de pulgada más en su radio para permitir el paso de los pernos, pero luego de investigar los perfiles metálicos, que también tienen tolerancia constructiva, sus dimensiones son menores que la indicada en los catálogo, sumado a esto, la tolerancia en verticalidad de las columnas puede ocasionar que los orificios para ensamblar los elementos no estén alineados, en este caso se recomienda que el diámetro de las perforaciones sea $1/4$ de pulgada más del diámetro del perno a utilizar. Y en el caso de que esto no ayude la alineación de los orificios, se deberá trabajar con

herramienta menor, como limas circulares, para incrementar el orificio en la dirección necesaria para su correcto ensamblaje.

No se recomienda golpear la estructura con martillos o combos metálicos directo a los elementos de acero, porque esto genera abolladuras, debido que son perfiles de espesores delgados. Si es necesario el uso de golpes para ajustar la estructura, -como suele ser común-, se recomienda colocar pedazos de madera sobre el elemento a golpear, y con el martillo o combo golpear el elemento de madera.

Todos estos procesos de golpes, ampliación de perforaciones, se disminuyen si cada uno de los procesos se cumple adecuadamente y los elementos son montados con precisión, desde la cimentación hasta la culminación de la estructura.

4.3.3 ESTRUCTURAS DE PISO.

Al elegir al acero como material para la estructura de soporte, la mejor elección es continuar con este mismo material para la estructura que soporta las cargas de piso, como son las vigas principales y las vigas secundarias.

Las vigas secundarias reciben las cargas del elemento de piso, y transmiten a las vigas principales, estas vigas tienen mayor inercia que las anteriores, y transmiten las cargas a las columnas, quienes finalmente transmiten las cargas a la cimentación hasta llegar a la estructura del suelo.

La conexión entre vigas secundarias y vigas principales se da con un perno, para garantizar que trabajen como uniones simples –llamada también unión a cortante-, pero como se menciona anteriormente, solo el perno no constituye la unión completa, las vigas principales tienen una estructura donde se asentarán las vigas secundarias, como una viga simplemente apoyada, pero para garantizar que no sufra desplazamientos durante movimientos sísmicos se instala un perno acerado para garantizar la sujeción. (Ver imagen 50).

Para la selección de la estructura de piso, se analizó las opciones presentadas en el capítulo 3, inclinándose la decisión por placas de fibrocemento de 20mm de espesor, que es considerada como estructural, con apoyos cada 60 cm, instalado con pernos de cabeza cónica, que luego de instalar quedan perdidos en las planchas.

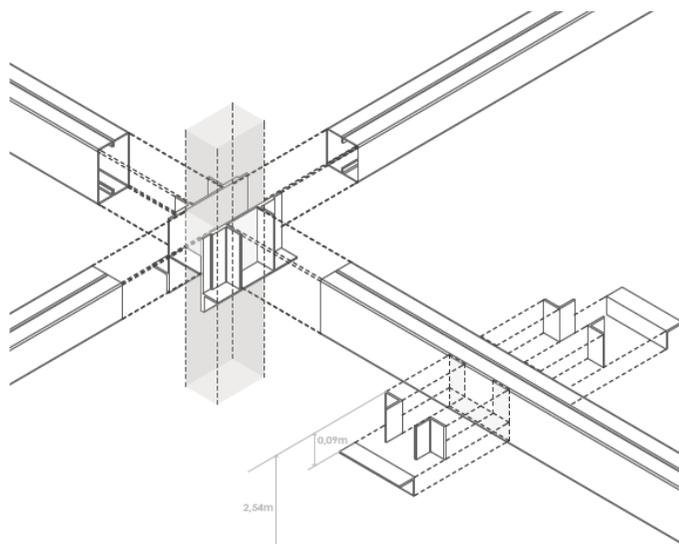


Imagen 50.- Esquema tridimensional de la unión a cortante de la estructura de acero conformada al frío, entre columnas y vigas principales con vigas secundarias.

Ángulos conforman estructura para apoyar vigas secundarias y primarias.

Fuente: El Autor.

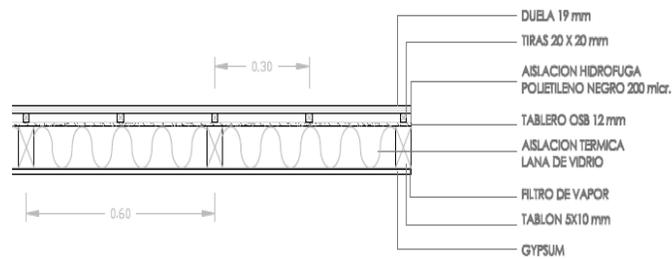


Imagen 51.- Tipología de entrepiso con barrera acústica en madera.

Fuente: Trabajo investigativo para el Proyecto CYTED MASMADERA. Elaborado por: Quesada F. y otros.

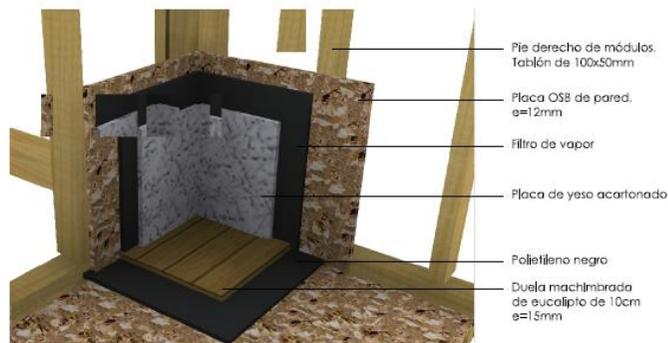


Imagen 52.- Esquema de aislamiento y acabados en pisos y tabiquería en madera.

Fuente: Trabajo investigativo, Módulo: Tecnología de la Madera, Maestría en Construcciones. 2010. Elaborado por DELGADO J, DIAZ W. y NIETO X. (El Autor)

Las planchas de fibrocemento vienen en medidas de 1.22x2.44 metros, razón por la cual se distribuyó la estructura de piso para que pueda ser instalado con el mínimo desperdicio, el mismo que se genera en la zona de la llegada de las gradas, donde se necesita un tercio de la plancha.

De la manera que se modula la losa permite soportar cualquier tipo de acabado, como piso flotante, cerámica, porcelanato o entablado.

Para generar una barrera acústica en el entrepiso de la vivienda, es necesario el uso de doble plancha con cámara de aire intermedio, y de ser necesario la utilización de lanas para garantizar el aislamiento al ruido dentro de la vivienda, la plancha inferior puede ser usada para ocultar instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, además de servir como cielo raso para el piso inferior, esto dependiendo de las necesidades de los clientes.

El fibrocemento es un material resistente, que no tiene problema con sus características estructurales en caso de contacto con humedad, por esta razón no genera complicaciones al usarlo como piso en baños.

Además en los baños por cuestiones de limpieza se colocará porcelanato, material que se adhiere sin dificultad a la superficie del fibrocemento, y que genera aislamiento contra el agua y la humedad.

Los inconvenientes que puede generar son: la vibración y la sensación de vacío, por ejemplo, el golpear una pared maciza de ladrillo suena diferente que golpear una pared hueca, la de ladrillo da sensación de resistencia y robustez, y la pared con vacío interior no, este mismo efecto se da al caminar o saltar sobre la losa diseñada, pero es cuestión de costumbre, puesto que esto solo es sensación o percepción de los usuarios, pero en seguridad, está calculado que soporta, ya que el modelo matemático evaluado en el Etabs así lo confirma.

Por ende, es una solución liviana, de fácil y rápida colocación, que permite cualquier tipo de acabado sin poner en riesgo su comportamiento estructural.

4.3.4 TABIQUERÍA.

Como se menciona en la parte del diseño estructural, para la división interior de los ambientes se elige el Gypsum, material que es liviano y de rápida instalación, presenta un excelente acabado, de color blanco, que da

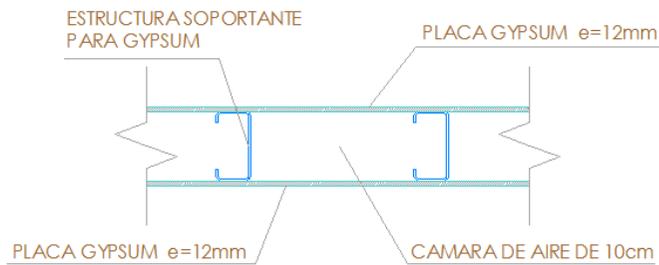


Imagen 53.- Tipología de la tabiquería interior en gypsum, perteneciente a la vivienda diseñada.

Fuente: El Autor.

sensación de amplitud, y ayuda a transmitir la iluminación natural al interior de la vivienda.

En la planta baja se instalará gypsum especial, que soporte la humedad, en el baño social y en la cocina, de igual forma alrededor de los baños de la planta alta.

Al igual que las placas de fibrocemento, tienen buena adherencia con el porcelanato.

En la planta baja no será necesaria la colocación de aislamiento por lana de vidrio en las divisiones interiores, pero en la planta alta, destinada al descanso, será necesario colocar aislamiento en todas las paredes, exteriores como interiores, para generar confort y privacidad en los dormitorios. Observar **fotos 103, 104 y 105**, de la página 100 de esta tesis.

4.3.5 ESCALERAS.

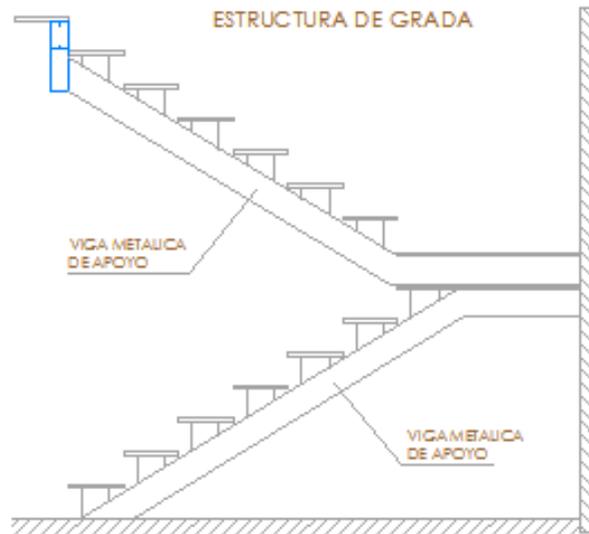


Imagen 54.- Perfil de la Grada de la vivienda.

Fuente: El Autor.

Es la parte más difícil de prefabricar, debido a la complejidad de mantener equidistantes las contrahuellas de los escalones.

Además, en obra suele ser diferente el desnivel de altura que se debe salvar, con respecto al del plano, debido que el proceso de hormigonar la losa de la planta baja depende de la calidad de mano de obra.

Por experiencia propia, diseñando y construyendo viviendas en acero, la grada es la parte más compleja de la edificación, y la manera de acelerar su instalación, sin perjudicar la calidad del producto final, es prefabricando las zancas, los apoyos y los escalones, para en obra trazar la grada, instalar adecuadamente las zancas, mediante pernos de anclaje al hormigón de la losa de piso, y perfiles tipo ángulos que serán soldados a las zancas.

Luego determinar la contrahuella de obra, para instalar uno a uno los peldaños prefabricados, mediante soldadura.

El proceso de armado se da inicialmente con puntos de suelda, luego de instalar todos los peldaños y comprobar su correcta distribución, se procede a soldar con cordones continuos, pero se debe controlar el enfriamiento de la suelda, para evitar deformaciones por contracción térmica.

Para este caso se recomienda el uso de soldadoras tipo inversor, que generan el arco voltaico de manera electrónica, y calientan menos la superficie soldada.

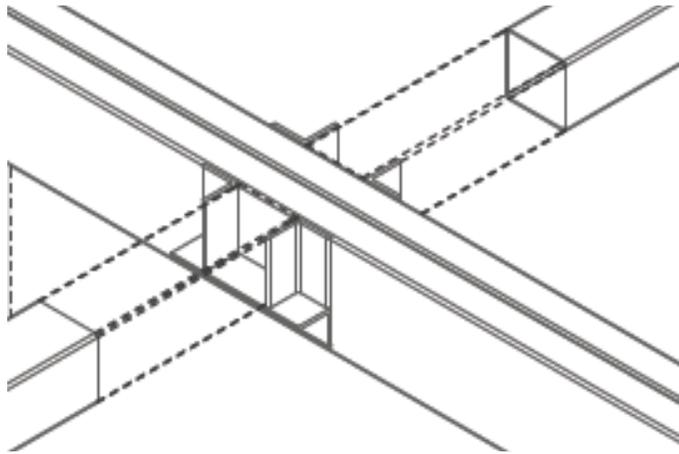


Imagen 55.- Esquema de unión de vigas secundarias y las principales en cubierta, para soportar las planchas con aislación acústica y térmica.

Fuente: El Autor



Foto 128.- Fotografía de Cubierta metálica con aislamiento acústico y térmico.

Fuente: El Autor.

Se recomienda un grupo de tres personas trabajando en la grada mientras el resto de personal continua en la construcción de la casa, para evitar demoras en el avance de la construcción.

4.3.6 CUBIERTA.

La estructura de cubierta está considerada en acero, de manera de continuar con el mismo material en toda la edificación.

Las vigas principales consideradas en tipo cajón, unen las columnas en su parte superior.

Las vigas principales tienen un soporte en perfil ángulo que permite el apoyo de las correas, y a su vez tienen una perforación para unir estos elementos mediante pernos.

Las correas se encuentran inclinadas respetando el ángulo de las vigas principales de cubierta, por esta razón, para evitar la torsión de las correas, estas están diseñadas en perfilería tipo "G" y en espesor de 3mm.

Las correas se apoyan en el interior de las vigas, no se apoyan sobre estas.

La cubierta será en placa metálica con aislamiento en polietileno expandido, que genere confort térmico y acústico al interior de la vivienda, como se observa en la **foto 117 y 118**, de la página 113 de esta tesis. (Ver Foto **128**)

Este tipo de placa de cubierta es ligera, que permite manipular y montar en obra fácilmente sin el uso de mecanismos ni maquinaria pesada.

Referente a la inclinación de la cubierta, está guiada hacia el interior de la edificación, que no permite visualizar la cubierta desde el exterior, por esta razón no es necesario una placa de cubierta con acabado arquitectónico, como se mencionó con anterioridad, que existe placas metálicas con acabado tipo teja o que son pre-pintadas, por esto se puede usar una placa de cubierta en 0.4 mm de espesor, para darle resistencia, pero en acabado normal.

En la mitad de la cubierta, donde se recolecta el agua lluvia, existe un canal grande para evitar problemas de desborde de agua en caso de lluvia torrencial, este canal se instalará con pendiente mínima hacia los extremos para desfogar el agua con tubería de 4 pulgadas a cada extremo del canal.

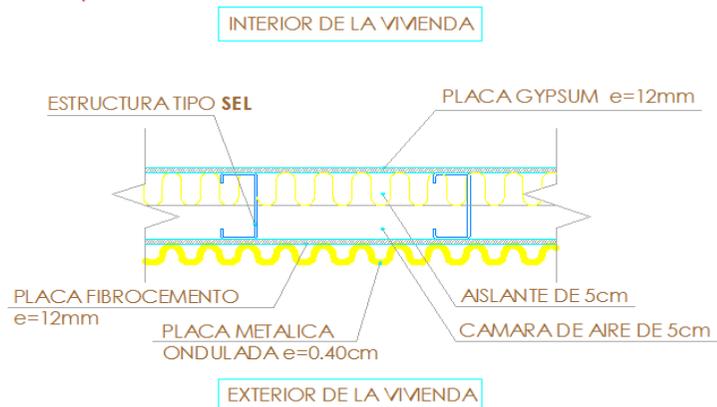


Imagen 56.- Estructura de tabiquería para Fachada Lateral.

Fuente: El Autor.

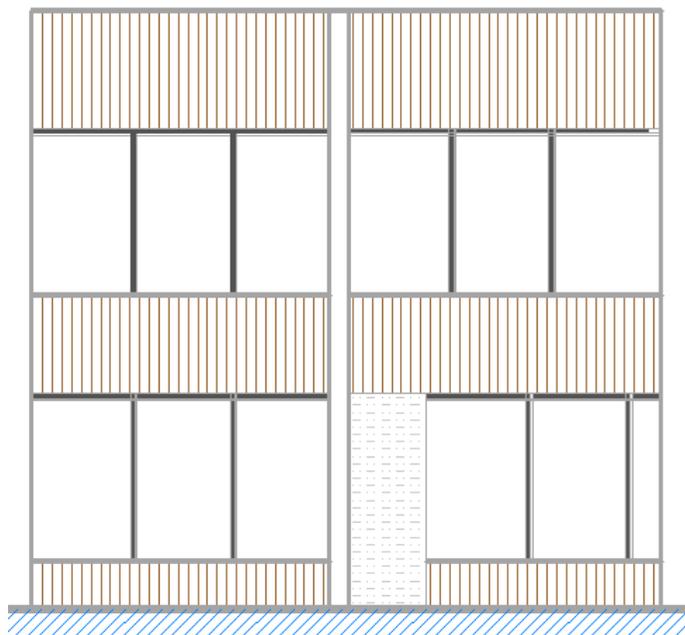


Imagen 57.- Esquema de la Fachada de la Vivienda.

Fuente: El Autor.

CAPITULO 4. DISEÑO DE LA VIVIENDA

En las aristas será necesario el uso de tool galvanizado doblado en manera de lagrimero que evite el ingreso de aguas lluvias a las aristas de unión entre cubierta y paredes exteriores.

Las placas de cubierta deben ser instaladas con pernos auto-perforantes, en las partes altas de la ondulación, y no en los valles.

Para garantizar que agua ingrese por la perforación de los pernos y pueda afectar la vida útil del polietileno, será necesario el uso de arandelas con neopreno para su instalación.

La cubierta sobre el bloque de gradas está conformada por planchas onduladas transparentes, generando un bloque de iluminación natural.

4.3.7 FACHADA.

Si analizamos la estructura en su totalidad, se considera que se tiene dos grupos de fachadas, las principales que son la frontal y la posterior, que permiten el ingreso de iluminación natural a la vivienda, y las dos laterales.

Las fachadas laterales serán cerradas en su totalidad, sin ventanales, con acabado en acero, como se observa en la **foto 126** de la página 120, del proyecto: Casa Loma Verde, con la diferencia que las ondulaciones tendrán sentido vertical y con color oscuro.

Esta fachada metálica será instalada sobre una plancha de fibrocemento colocada por la parte exterior de los muros portantes armados con perfiles del SEL.

Los pernos recomendados son los auto-perforantes, no instalados en los valles y de igual forma se usa arandelas con neopreno.

Y deberán tener una capa de aislante térmico como lana de vidrio o lana de roca.

Se debe cumplir con las especificaciones de los manuales de instalación, para evitar que se desprendan por efectos de viento.

Para la fachada frontal y posterior se va a trabajar con la misma fachada, como indica las recomendaciones arquitectónicas, para generar repetición de trabajos.

CAPITULO 4. DISEÑO DE LA VIVIENDA

Las fachadas están concebidas en perfilería de aluminio de color oscuro, con placas de aluminio en zonas de antepecho y parte superior, y con ventanería en la parte intermedia, para generar ingreso de iluminación.

Los perfiles de aluminio se anclan a los perfiles de acero para asegurar las fachadas.

Como parte de la fachada de aluminio y vidrio esta la puerta de ingreso a la edificación.

La fachada tiene el aspecto de estar adherido a la vivienda, como una sola placa, y no como cuatro pequeñas fachadas ubicadas dentro de los espacios de los pórticos.

Se tiene especial cuidado para evitar filtraciones por aguas lluvias hacia el interior de la vivienda.

Las fachadas, frontal y posterior, permiten durante el día abrir ventanas para generar renovación de aire, mediante ventilación cruzada. En la planta baja abriendo ventanas de sala y cocina se genera ventilación en toda la planta baja; en la planta alta, con la apertura de ventanas y de las puertas del dormitorio master y dormitorios de niños, se genera ventilación cruzada.

4.3.8 RESUMEN DE LA VIVIENDA.

La vivienda, en sus detalles constructivos, analizados por cada una de las partes indicadas, con su aspecto arquitectónico, se presenta en los anexos, con ayuda de software arquitectónico que permite visualizar el proceso de construcción y armado de la edificación.

Se considera un suelo blando o normal, de poca capacidad portante para el diseño de las zapatas. (1kg/cm^2).

En caso de tener un suelo resistente, con el peso que se distribuye a la cimentación puede ser necesario solo el uso de cadenas de amarre y la losa de piso para transmitir las cargas al suelo. (Ver foto 81, página 84)

Esta variación en la cimentación generaría menor excavación, y por ende mayor ahorro, pero para definir esto se necesita de un estudio de suelos para determinar la capacidad portante del terreno donde se piensa construir.

CAPÍTULO 5.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.

5.1 ALCANCE DEL PRESUPUESTO.

Para realizar la comparación económica entre las dos viviendas, la concebida con soluciones prefabricadas y una con tecnología tradicional, se analizará la cimentación, estructura soportante, tabiquería, fachadas, grada y cubierta.

No se considera en ninguna de las dos viviendas lo correspondiente a acabados, muebles de cocina o accesorios sanitarios.

Tampoco se considera instalaciones hidrosanitarias ni eléctricas.

No se realiza estas comparaciones porque su costo será similar en ambas viviendas, por ello, solo se evaluará los rubros que son diferentes entre las dos edificaciones.

El presupuesto se elabora con el software Interpro, versión 1., y la base de datos es la misma para ambos ejemplos, con precios de mano de obra y materiales actualizados enero 2014, y el porcentaje de indirectos es 25% para cada presupuesto.

La vivienda prefabricada en su tabiquería interior consta de gypsum empastado, listo para ser pintado, razón por la cual, en la vivienda tradicional se analizará pared por bloque de hormigón, enlucido y empaste.

5.2 PRESUPUESTO DE LA VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.

PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
01		CIMENTACION				2,678.61
1.001	552001	EXCAVACION MANUAL	m3	15.00	10.73	160.95
1.002	553001	RELLENO COMPACTADO material de sitio sin clasificar	m3	10.00	5.68	56.80
1.003	557004	HORMIGON SIMPLE EN ZAPATAS, fc= 210 kg/cm2	m3	4.20	140.39	589.64
1.004	557005	HORMIGON SIMPLE EN CADENAS, fc= 210 kg/cm2	m3	2.60	149.59	388.93
1.005	558001	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	Kg	295.00	1.95	575.25
1.006	564001	REPLANTILLO DE PIEDRA e= 15 cm	m2	70.00	8.96	627.20
1.007	558003	MALLA ELECTROSOLDADA R-84	m2	70.00	2.63	184.10
1.008	559001	ENCOFRADO RECTO	m2	6.00	10.81	64.86
1.009	560009	DOT. Y COLOC. PLACAS DE HIERRO	Kg	9.50	3.25	30.88
2		ESTRUCTURA SOPORTANTE				3,225.12
2.001	560005	UNION VIGA - COLUMNA / VIGA - VIGA MET.	U	44.00	5.74	252.56
2.002	560041	ACERO ESTRUCTURAL (Perfiles TIPO SEL)	Kg	418.00	3.53	1,475.54
2.003	560042	ACERO ESTRUCTURAL - Perfiles conformado en frío Fy= 2530 Kg/cm2	Kg	629.00	2.38	1,497.02
3		ENTREPISO				5,174.64
3.001	560042	ACERO ESTRUCTURAL - Perfiles conformado en frío Fy= 2530 Kg/cm2	Kg	1,152.00	2.38	2,741.76
3.002	560005	UNION VIGA - COLUMNA / VIGA - VIGA MET.	U	20.00	5.74	114.80
5.005	578014	TUMBADO DE GYPSUM	m2	64.00	18.61	1,191.04
3.003	572043	DOT. Y COL. DE PLACAS DE FIBROCEMENTO PARA PISO e=17mm (estructural)	m2	64.00	17.61	1,127.04
4		TABQUERIA				5,078.60
4.001	562027	Tabiquería de Gypsum para interiores de ambas caras.	m2	100.00	30.48	3,048.00
4.002	562028	Tabiquería de Gypsum para interiores una cara.	m2	110.00	18.46	2,030.60
5		CUBIERTA				3,391.52
5.001	560042	ACERO ESTRUCTURAL - Perfiles conformado en frío Fy= 2530 Kg/cm2	Kg	468.00	2.38	1,113.84
5.002	572033	CUBIERTA DE GALVALUMEN e=0.45mm CON POLIURETANO e = 12 mm	m2	70.00	29.96	2,097.20
5.003	572029	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS PVC 4"	m	10.00	7.78	77.80
5.004	572026	CANAleta DE ZINC	m	7.50	13.69	102.68
6		FACHADAS				4,118.10
6.001	562029	Fachada Exterior con Fibrocemento, Aislante y terminado metálico.	m2	106.00	38.85	4,118.10
7		ESCALERA				495.64
7.001	560042	ACERO ESTRUCTURAL - Perfiles conformado en frío Fy= 2530 Kg/cm2	Kg	200.00	2.38	476.00
7.002	557002	HORMIGON fc= 180 kg/cm2	m3	0.15	130.96	19.64
SUBTOTAL						24,162.23
IVA					12%	2,756.54
TOTAL						25,727.73

5.3 PRESUPUESTO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL.

PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
01		CIMENTACION				3,346.07
1.001	552001	EXCAVACION MANUAL	m3	21.60	10.73	231.77
1.002	553001	RELLENO COMPACTADO material de sitio sin clasificar	m3	14.70	5.68	83.50
1.003	557004	HORMIGON SIMPLE EN ZAPATAS, fc= 210 kg/cm2	m3	6.10	140.39	856.38
1.004	557005	HORMIGON SIMPLE EN CADENAS, fc= 210 kg/cm2	m3	3.65	149.59	546.00
1.005	558001	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	Kg	383.00	1.95	746.85
1.006	564001	REPLANTILLO DE PIEDRA e= 15 cm	m2	70.00	8.96	627.20
1.007	558003	MALLA ELECTROSOLDADA R-84	m2	70.00	2.63	184.10
1.008	559001	ENCOFRADO RECTO	m2	6.50	10.81	70.27
2		ESTRUCTURA SOPORTANTE				5,462.76
2.001	557006	HORMIGON SIMPLE EN COLUMNAS, fc= 210 kg/cm2	m3	5.15	163.38	841.41
2.002	557007	HORMIGON SIMPLE EN VIGAS, fc= 210 kg/cm2	m3	4.27	172.58	736.92
2.003	557012	RIOSTRA DE 10 x 15 cm	m	68.40	6.10	417.24
2.004	558001	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	Kg	1,109.60	1.95	2,163.72
2.005	559001	ENCOFRADO RECTO	m2	120.58	10.81	1,303.47
3		ENTREPISO				2,897.99
3.001	559003	ENCOFRADO METALICO PARA LOSA	m2	70.83	12.66	896.71
3.002	558003	MALLA ELECTROSOLDADA R-84	m2	64.00	2.63	168.32
3.003	558001	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	Kg	256.00	1.95	499.20
3.004	557009	LOSA ALIVIANADA fc= 210kg/cm2, e = 20 cm.	m2	64.00	20.84	1,333.76
4		TABIQUERIA				9,036.88
4.001	562004	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=15cm	m2	112.52	16.21	1,823.95
4.002	562005	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=10cm	m2	100.96	15.14	1,528.53
4.003	563001	ENLUCIDOS INT-EXT	m2	210.00	9.16	1,923.60
4.004	563002	SACADA DE FILOS DE ENLUCIDOS	m	220.00	3.75	825.00
4.005	562030	Empaste Interior dos manos.	m2	210.00	13.98	2,935.80
5		CUBIERTA				3,733.68
5.001	560042	ACERO ESTRUCTURAL - Perfiles conformado en frío Fy= 2530 Kg/cm2	Kg	565.00	2.38	1,344.70
5.002	572026	CANALETA DE ZINC	m	7.50	13.69	102.68
5.003	572029	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS PVC 4"	m	10.00	7.78	77.80
5.004	572006	DOTACION Y COLOCACION DE PLACAS DE FIBROCEMENTO (CUBIERTA)	m2	70.00	12.94	905.80
5.005	578014	TUMBADO DE GYPSUM	m2	70.00	18.61	1,302.70
6		FACHADAS				1,150.96
6.001	563001	ENLUCIDOS INT-EXT	m2	106.00	9.16	970.96
6.002	563002	SACADA DE FILOS DE ENLUCIDOS	m	48.00	3.75	180.00
7		ESCALERA				349.46
7.001	557003	HORMIGON fc= 210 kg/cm2	m3	0.80	140.48	112.38
7.002	558001	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	Kg	80.00	1.95	156.00
7.003	559001	ENCOFRADO RECTO	m2	7.50	10.81	81.08
SUBTOTAL						25,977.80
					IVA	12%
TOTAL						29,095.14

5.4 COMPROBACIÓN POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCIÓN Y POR TIEMPO DE EJECUCIÓN.

De ser necesario su revisión, los análisis de precios unitarios se adjuntan de manera digital en CD, con formato: .xls, conjuntamente con los presupuestos.

Considerando en ambas viviendas 70m² por planta, tenemos un total de 140m² de construcción en cada vivienda, llegando a la siguiente comparación:

VIVIENDA	PRESUPUESTO SIN I.V.A.	COSTO / m ²
VIVIENDA CON SOLUCIONES PREFABRICADAS.	24.162,23	172,58 \$/m ²
VIVIENDA CONSTRUIDA CON PROCESOS TRADICIONALES.	25.997,80	185,70 \$/m ²

Confirmando la hipótesis referente a costos, consiguiendo que la vivienda con soluciones prefabricadas sea más económica.

Si se considera esta solución para viviendas en urbanizaciones, donde existen varias construcciones, la estructura en acero conjuntamente con las soluciones prefabricadas, presenta mejoras, tanto en tiempo como en costos.

La vivienda prefabricada muestra un ahorro en costo del 7,07%, y considerando el tiempo, se edifica un 33,33% más rápido.

CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

Al finalizar la presente investigación se concluye:

Referente a los productos del mercado nacional, que:

- ✓ Al investigar los diferentes productos existentes en las empresas ferreteras de nuestro medio encontramos que si existen productos que pueden ser utilizados como soluciones prefabricadas, y que pueden acoplarse de manera adecuada a una vivienda, lo importante es conocer sus características, usos y beneficios, para aprovecharlos a su totalidad y obtener un producto final de calidad.
- ✓ En el mercado nacional existe diversidad de productos y marcas que pueden ser utilizados a nivel de fachadas, cubiertas, tabiquería estructura soportante y entrepisos, pero se observa que no existe oferta en cimentación prefabricada, y esta situación se debe a que no existe demanda de este producto.

Referente al trabajo con estructuras en acero, que:

- ✓ Una ventaja de construir con acero la estructura soportante, es la reducción de las dimensiones de la cimentación, pero se debe tener precaución de no generar edificaciones con derivas de piso excesivas, por esta razón se determinó usar perfilería tipo SEL, que en primera instancia fue concebida como muro portante, para reducir las derivas de piso bajo efectos sísmicos, pero, por su estructuración, se observó que se convierte en un conjunto de columnas que ayudan a distribuir las cargas uniformemente a la cimentación; tomando en cuenta este efecto sobre un suelo de buenas capacidades portantes, se pudiera considerar a la cimentación como superficial, y trabajar solo con vigas de amarre y

eliminar el uso de zapatas aisladas, reduciendo las cantidades de obra.

- ✓ Se debe explotar la ventaja del prefabricado, de trabajar en taller sin depender en su totalidad del clima, para no desfasar el tiempo de entrega del producto final, además la repetición de elementos y de procesos genera un rendimiento mayor, teniendo como resultado final, elementos de mejor calidad en menor tiempo.
- ✓ Las tolerancias de construcción en obra consideran el acople de los miembros a ensamblar, a esto se debe sumar que los elementos también tienen tolerancias de fabricación, entregando perfiles de menor dimensión, razón por la cual en las uniones empernables, aparte de generar perforaciones con sobre anchos como indica las normas, en obra se debe contar con herramienta menor que ayude con la alineación de las perforaciones para poder introducir los pernos.
- ✓ Las tolerancias generan dificultad en el prefabricado, considerando que los elementos se ensamblan en obra, para evitar o reducir al máximo los problemas de armado de la estructura, se debe trabajar con mayor control en cada proceso de construcción, ser precisos en dimensiones y niveles, desde la ejecución de la cimentación, hasta la culminación del armado de la estructura.
- ✓ Desde el punto de vista de la seguridad, el enfoque es sobre la estructura, y su comportamiento sísmico, que es realmente cuando nuestras edificaciones son evaluadas, y la vivienda diseñada en la presente tesis, con las soluciones prefabricadas acopladas a su estructura soportante, generan una edificación con menor masa en referencia a una vivienda construida con tecnología tradicional, generando una estructura más ligera que responde de mejor manera a efectos sísmicos.

Referente al costo final, que:

- ✓ Al analizar el presupuesto de la vivienda con soluciones prefabricadas, y la vivienda con procedimiento tradicional, se observa que se cumple con el objetivo de obtener una vivienda de buenas características a menor costo por metro cuadrado.

- ✓ Al analizar el costo total por vivienda se tiene que por cada 13 viviendas construidas con proceso tradicional, se puede construir 14 viviendas prefabricadas.
- ✓ La vivienda prefabricada muestra un ahorro en costo del 7,07%, y en plazos de ejecución se edifica en 33,33% más pronto.
- ✓ La diferencia de costos en los presupuestos son aceptables, puesto que no se puede conseguir una edificación de excelente calidad a mitad de precio, ese factor pondría en duda la calidad de la investigación.
- ✓ Para sacar el provecho al prefabricado, se enfoca en la ganancia y ahorro de dinero en los tiempos de ejecución como es el caso de: en lo tradicional, el tiempo que se tiene armar hierros, encofrar y hormigonar columnas y losa de entrepiso, adicional a esto, el tiempo prudencial de mínimo 28 días para desencofrar, donde no hay como avanzar en la planta baja debido al apuntalamiento de la losa; ese mismo tiempo se utiliza para tener armado la estructura soportante en acero al igual que la estructura de entrepiso, hasta nivel de cubierta, y se puede instalar las planchas del techo para cubrir la obra de lluvias y del sol que suele ser molesto en nuestra geografía, y avanzar en el resto de rubros en la planta baja sin interrupciones.
- ✓ Es un ahorro el no usar madera de encofrado en cantidades que luego generan desperdicios en la obra.
- ✓ El prefabricado genera una obra limpia, teniendo un ahorro de personal que no está destinado a la limpieza del lugar.
- ✓ Se reduce riesgo de accidentes con una obra que se desarrolla bajo un control de procesos, que influye económicamente y en plazos de entrega, el hecho tener un obrero accidentado.

Referente a la aceptación de esta tipología constructiva, que:

- ✓ El reto más importante de las viviendas prefabricadas en sociedades como la nuestra, no difiere del concepto mundial, al existir un rechazo, y el "*miedo al cambio*", así se presente las

ventajas económicas y constructivas, la costumbre de nuestros pueblos sigue llevando a la gente a elegir las viviendas construidas con procesos tradicionales, por esta razón, el Ing. Rodrigo Yunga⁵⁰, manifiesta que el cliente responde favorablemente a este tipo de construcciones al indicar que son viviendas con PRE-INGENIERÍA, en vez de PRE-FABRICADAS, para abrir campo a esta nueva tipología constructiva en nuestro medio.

- ✓ Mientras más investigaciones y proyectos prefabricados se ejecuten en nuestro medio, más fácil será romper la ideología y la costumbre al momento de elegir sobre la tipología constructiva para edificar una vivienda.
- ✓ La parte arquitectónica y acabados, es la presentación de la vivienda que puede ganar la aceptación de los usuarios, al ver una edificación de excelente presentación, pero al momento de caminar por el entrepiso y de golpear suavemente las paredes y escuchar el eco que se genera en las capsulas de vacío en tabiquerías y entrepiso, se genera la desconfianza a los usuarios, pero es bueno hacerles conocer que la mayoría de viviendas en los EEUU y Canadá son en esta tipología de construcción.
- ✓ Para ganar aceptación en nuestro medio, se debe enfocar en mejorar el confort térmico y la aislación acústica al interior de la casa, por ello la presente vivienda tiene aislación acústica y térmica en tabiquería, fachadas y estructura de cubierta, al igual que en la estructura de entrepiso, para evitar la continuidad de sonidos entre las plantas de la vivienda, además la distribución arquitectónica está diseñada de manera que permita la renovación de aire al interior, y aprovechar al máximo la iluminación natural.

Conclusiones generales:

- ✓ Es importante acatar las recomendaciones arquitectónicas, referente al diseño de viviendas prefabricadas, para poder obtener

⁵⁰ El Ing. Rodrigo Yunga, es empleado de la empresa TUGALT S.A., quien ha aportado para la presente tesis con sus experiencias y conocimiento con respecto al Sistema Estructural Liviano SEL.

el mayor provecho del dimensionamiento de los elementos a prefabricar, y disminuir la variación de elementos, para aumentar la productividad en taller, y disminuir confusiones en obra al momento de ensamblar la edificación.

- ✓ Es sustancial el trabajo conjunto de profesionales del diseño y construcción, formando un equipo con Arquitecto, Ingeniero estructural e Ingeniero constructor, para analizar cada etapa y detalle del proyecto en la fase de Diseño, para evitar contratiempos en el proceso de construcción, con el objetivo de obtener el mayor rendimiento en obra.
- ✓ Es importante considerar el tamaño, volumen y peso de los elementos a prefabricar para poder determinar el costo final de la construcción, considerando el costo por unidad de tiempo que poseen los equipos de montaje, y el transporte.
- ✓ Es importante conocer el lugar donde se va a edificar y las rutas de acceso, para evitar conflictos en el transporte de los elementos prefabricados.
- ✓ Es necesario conocer la capacidad de carga y de elevación que tienen las grúas en la ciudad, para poder diseñar el tamaño que puede tener un elemento prefabricado, para evitar gastos elevados en el caso de trasladar grúas de más tamaño de otras ciudades del país, incrementando perjudicialmente los costos de la construcción.
- ✓ Para viviendas de interés social, se puede edificar con esta tipología, y con el costo que tiene el bono de vivienda generar casas con mejores acabados, o con espacios más grandes, con mejor calidad y seguridad.
- ✓ La presente tipología constructiva sería una excelente solución para ser adoptada por el MIDUVI del Azuay y/o Cañar, debido que los proyectos son dispersos, es más factible tener prefabricada la vivienda en taller, transportarla desarmada, y ser ensamblada en obra, en el lugar que corresponda, y por su bajo costo, solo ser montado por operadores, sin el uso de maquinaria pesada, solo de un camión liviano para transporte de la estructura y el resto de soluciones prefabricadas.

RECOMENDACIONES.

Como se menciona en la última conclusión, con la presente tipología constructiva se pudiera realizar una investigación sobre que beneficio se puede dar a la gente que recibe las ayudas gubernamentales, enfocados en mejorar las edificaciones y viviendas que existen hasta la actualidad.

Los objetivos pueden ser:

- Analizar con el presupuesto que se maneja para viviendas, determinar que mejoras en acabados se puede hacer, es decir, los ahorros que la estructura genera, invertir en acabados para las viviendas.
- Determinar la cantidad de área se puede incrementar a las viviendas diseñadas, con esta tipología constructiva, sin incrementar el presupuesto final.

Pero, para ejecutar este tipo de proyectos, recomiendo, socializar con la gente que va a ser beneficiada, caso contrario, en vez de generar una respuesta aceptable de la comunidad, vamos a generar el rechazo que siempre tienen las viviendas prefabricadas.

Otro punto de vista sería, dedicarle atención al efecto de la tabiquería exterior, referente al adecuado acople de la estructura y los mampuestos de arcilla u hormigón, que son de uso tradicional, en el caso de existir rechazo de la sociedad.

Pero lo importante, es mejorar la calidad de nuestras construcciones, ya sea en la misma tipología tradicional, que está demostrado con la presente tesis que es más costosa y con menos ventajas, pero se debe empezar a generar conciencia, de que se debe construir con mayor responsabilidad, recordemos que no ha existido sismos fuertes en nuestro país últimamente, pero ya ha generado desastres a países que están en las mismas condiciones sísmicas como Chile y Colombia

AGRADECIMIENTO.

El presente trabajo investigativo ha sido posible gracias al apoyo de amigos, colegas y gente dentro del campo de la construcción, que han aportado de manera directa o indirecta con el desarrollo de esta tesis.

Por esta razón, me permito agradecer de manera especial a:

- Ing. Roberto Gamón PhD. Msc., por su tiempo, sus consejos, y su dirección en la elaboración de la presente tesis.
- Ing. Xavier Romero, por su apoyo y por su colaboración para poder estar en contacto con el personal de TUGALT S.A.
- Ing. Rodrigo Yunga e Ing. Patricio Arpi, quienes de manera desinteresada han colaborado con información, consejos y experiencias sobre viviendas prefabricadas en nuestro medio, y el trabajo con el Sistema Estructural Liviano SEL.
- Ing. Germán Coronel, por su tiempo, y sus consejos para el adecuado diseño sísmico de la vivienda prefabricada.
- Ing. Carlos Julio Calle, por su colaboración en la elaboración de los presupuestos.
- Ing. Ricardo Romero, por su apoyo y sus consejos para los procesos constructivos.
- A mi hermano, Edwin Nieto, quien ha sido un pilar fundamental en la parte arquitectónica.
- A los profesionales que revisaron la tesis, quienes colaboraron para mejorar la calidad de la presente investigación.

Agradezco de manera especial la oportunidad de la Docencia Universitaria, en la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, que me ha permitido desarrollar la parte investigativa y de redacción.

A todos Ustedes, GRACIAS por su apoyo.

CAPÍTULO 7.- BIBLIOGRAFIA Y LINKOGRAFIA.

BIBLIOGRAFÍA:

GALLO Ortiz Gabriel, ESPINO Márquez Luis y OLVERA Montes Alfonso. *Diseño Estructural de Casas Habitación*. Tercera Edición. México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2011.

MAYAGOITIA Fernando, OCHOA Rojas Francisco y OTROS. *Construcción de Vivienda con Sistemas Industrializados de Muros de Concreto. Sistema túnel-Sistema Manoportable*. Primera Edición. Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO. 2011.

McCORMAC Jack C., CSERNAK Stephen F. *Diseño de Estructuras de Acero*. Quinta Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. y C.V., 2012.

HART Franz, HENN Walter y SONTAG Hansjorgen. *El Atlas de la Construcción Metálica*. Primera Edición. Barcelona.: Editorial Gustavo Gili S.A., 1976.

COSTA Duran Sergi. *NEW PREFAB. Arquitectura prefabricada*. México D.F.: Reditar Libros, S.L., 2009.

KONCZ Tihamer. *Manual de la Construcción Prefabricada. Fundamentos, Elementos de Cubierta y techos, Paneles para paredes*. Tomo 1. Tercera Edición Reelaborada. Madrid.:Hermann Blume Ediciones.,1973.

GUERRA Marcelo y CHACÓN Daniel. *Manual para el Diseño Sismoresistente de Edificios utilizando el programa ETABS*. Primera Edición. Quito.: 2010.

QUIROZ Torres Luis. *Análisis y Diseño de Edificaciones con ETABS*. Primera Edición. 1000 Ejemplares. Lima.: Empresa Editora Macro E.I.R.L., 2011.

_____. *Manual Técnico para el Sistema constructivo en Seco*. Primera Edición. Eterboard-Eternit®. Quito.:2008.

_____. *Manual de Recomendaciones Prácticas. Para la Mueblería y Arquitectura de Interior*. MASISA.

CORCUERA S. Mónica, *Estudio de investigación para el desarrollo de viviendas sociales de bajo coste en la Ciudad de Lima-Perú*. Universidad Politécnica de Catalunya. Tesis de Posgrado. Lima.: 2009.

NOVAS Joel. *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis de Posgrado. Madrid.: 2010.

DELGADO Marielisa. *Texto guía en la Cátedra de Prefabricación de la Construcción*. Maestría en Construcciones, Universidad de Cuenca. 2011.

MINGUET Josep M^a. *Contemporary Green Prefab, Industrialized & kit Architecture*. Barcelona.: Instituto Monsa de Ediciones, S.A. 2012.

MINGUET Josep M^a. *Mini Casas*. Barcelona.: Instituto Monsa de Ediciones, S.A. 2007.

MINGUET Josep M^a. *Prefab Design*. Barcelona.: Instituto Monsa de Ediciones, S.A.

Guía para la redacción y elaboración de la tesis:

ECO Humberto. *Como se hace una tesis*. Fundación FICA. Primera reimpresión. Bogotá, 1988.

ESCORCIA Oyola Olavo. *Manual para la Investigación. Guía para la formulación, desarrollo y divulgación de proyectos*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.: Editorial Kimpres Ltda. 2009.

LINKOGRAFÍA:

<http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/metodologia/Tema4.html>

<http://www.slideshare.net/kriss2505/tipos-de-metodos-de-investigacion>

http://www.kubiec.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=110:un-techo-para-mi-pa%C3%ADs-2011&Itemid=355

http://www.cubiertec.com/pdf/manual_cubiertec.pdf

<http://opticretos.com/productos/escaleras-prefabricadas/>

<http://www.slideshare.net/BrendaAcabaldelCid/tema-14-escaleras-1>

<http://www.construgypsum.com/gypsum>

<http://www.jossoft.com.ar/ARCHIVOS/Pesos%20Especificos.pdf>

<http://www.acesco.com/acesco/boletines/Notiacesco5.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Pozo_de_cimentaci%C3%B3n

<http://www.balatecuador.com/empresa.html>

http://www.mutualistapichincha.com/mupi/CasaLista/archivos_casalista/assets/downloads/publication.pdf

<http://hormi2.com/que-es/>

<http://www.hormypol.com/ventajas-hormigon-armado-microhormigon-vibro-prensado-encofrado-sintetico-prefabricado-quito-ecuador.php?tablajb=ventajas&p=1&t=Ventajas-economicas-y-ambientales>

http://www.aislapol.com/index_construpanel.html

<http://es.wikipedia.org/wiki/Prefabricaci%C3%B3n>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Industria>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizaci%C3%B3n>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n>

<http://www.definition-of.net/definicion-de-prefabricaci%C3%B3n>

<http://www.enlave.es/actualidad/noticias/2010/01/29/arquitecto-de-miami-propone-casas-para-haiti/>

file:///C:/Users/Ing.%20Jaime%20X%20Nieto%20C/Desktop/Mary%20C_esp_anold.pdf

<http://chile-hoy.blogspot.com/2010/03/gobierno-subsidiara-casas-prefabricadas.html>

http://internacional.elpais.com/internacional/2011/04/09/actualidad/1302300010_850215.html

<http://www.abc.es/internacional/20131204/rc-afectados-tsunami-japon-vuelto-201312040356.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Statu_quo

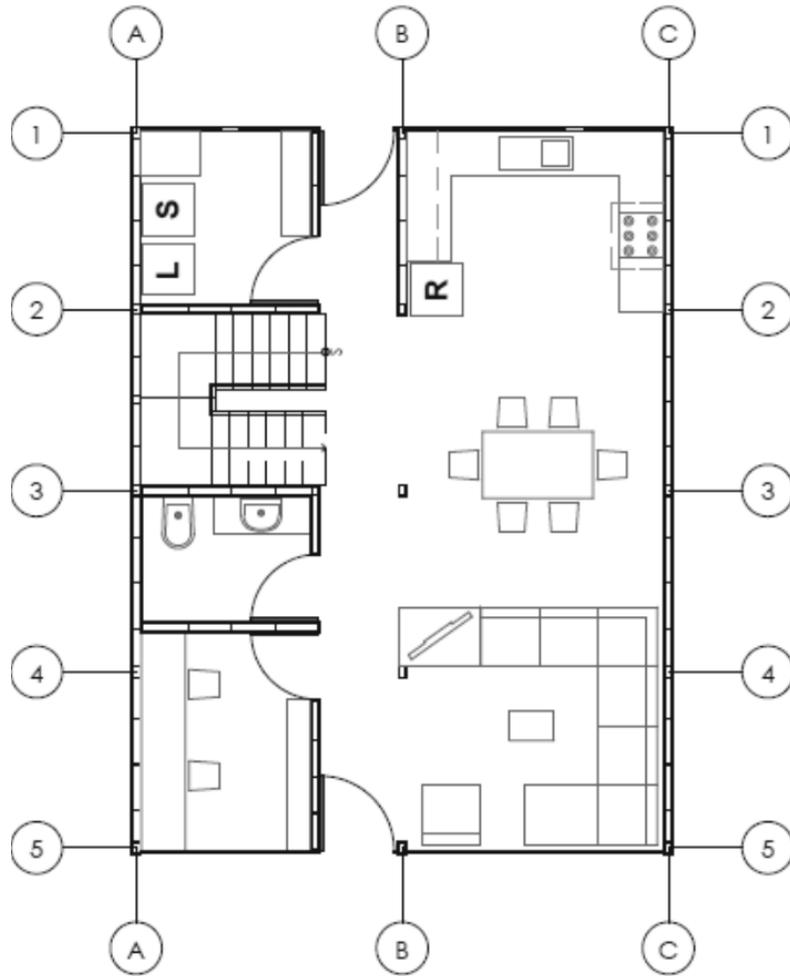
<http://www.casaprefabricada.org/es/casas-prefabricadas-acero-y-madera>

<http://www.arquitecturaenacero.org/soluciones-constructivas/41-unionesy-conexiones>

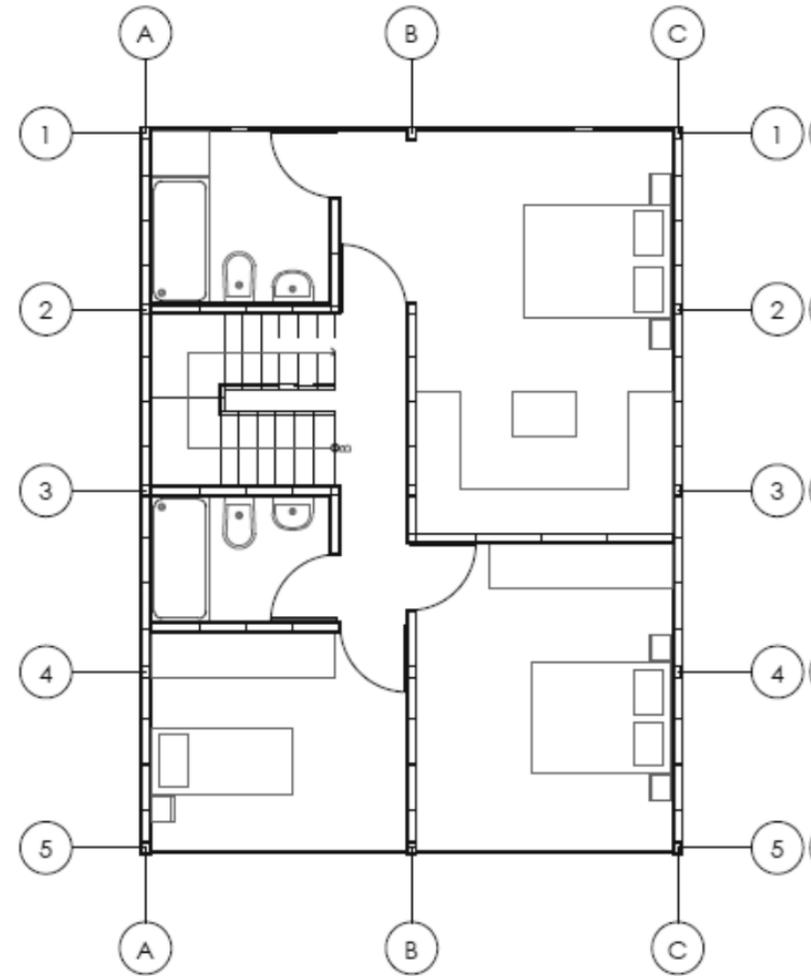
ANEXOS.

Lista de anexos.

1. Plano de la distribución arquitectónica.
2. Plano de la cimentación.
3. Plano de la distribución estructural de la Planta Baja.
4. Plano de la distribución de la estructura de Entrepiso.
5. Plano de la distribución de las placas de Entrepiso.
6. Plano de la distribución y de la estructura de la cubierta.
7. Imagen del detalle de las uniones de la Estructura de Acero.
8. Imagen de la estructura soportante de Acero.
9. Imagen de la Evaluación Estructural en Etabs.
10. Imágenes del proceso constructivo.

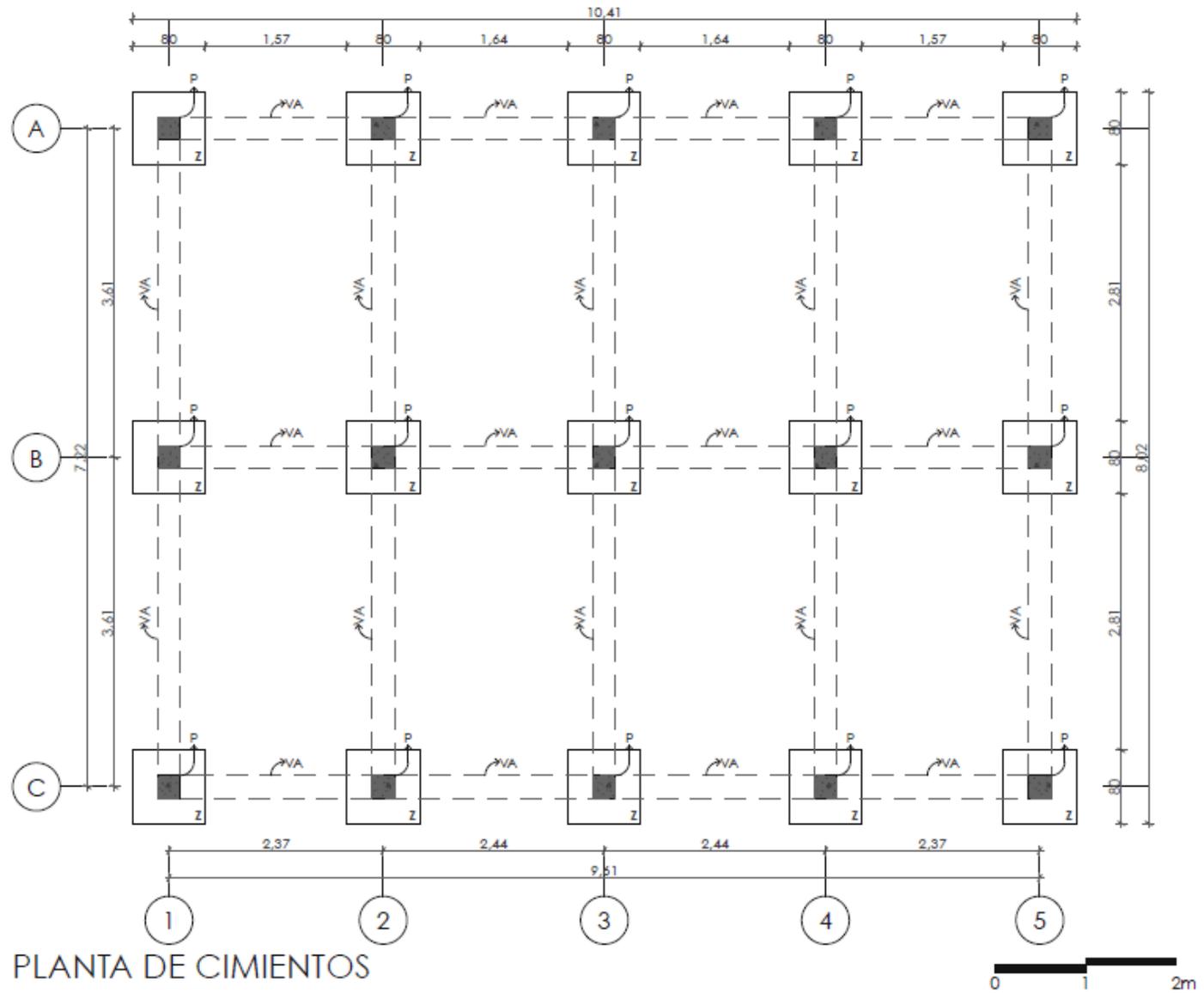


PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Z Zapata 800X800X200mm
P Columneta 200X200mm
VA Viga de Amarre 20X20



PLANTA DE CIMIENTOS

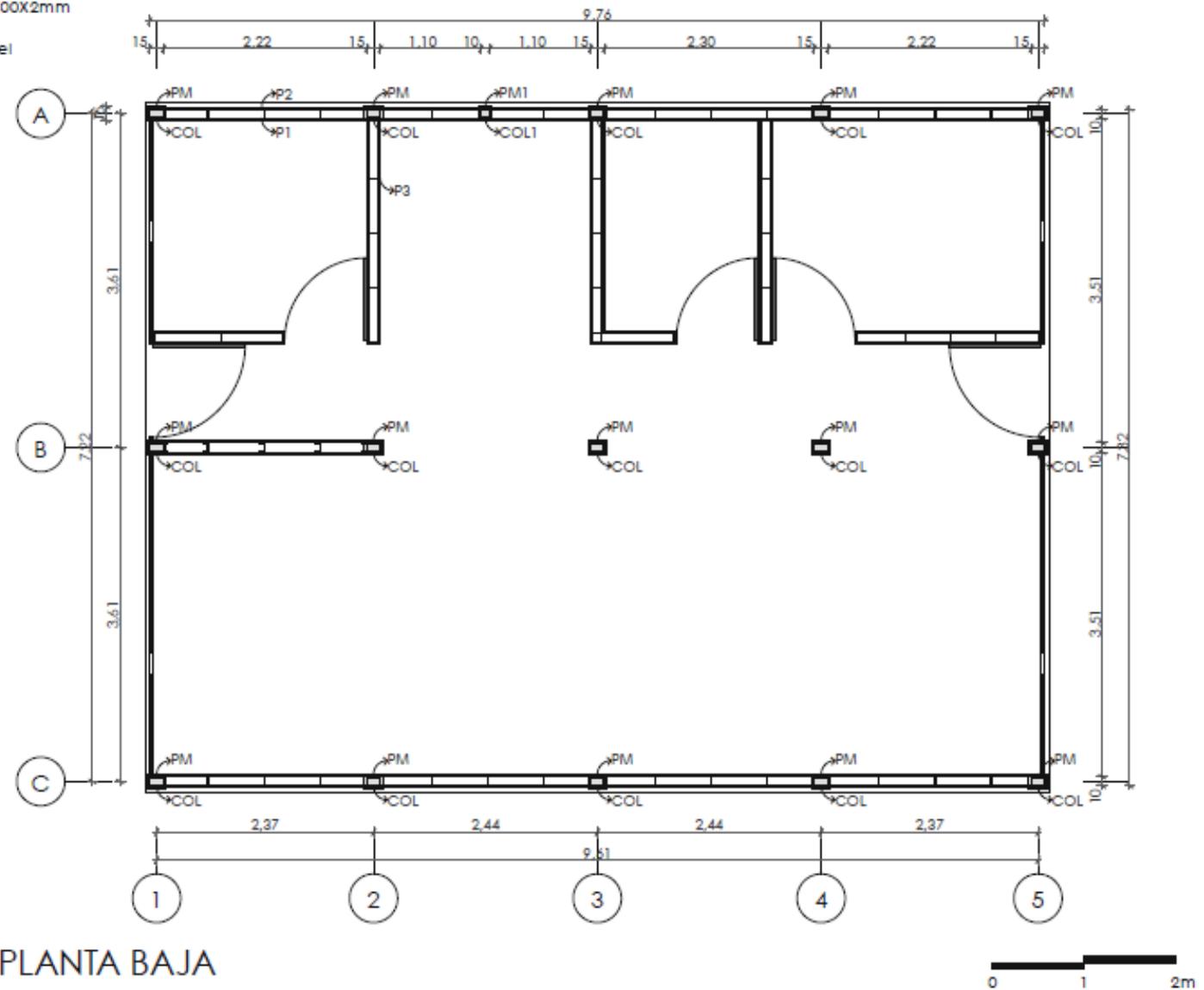
PM Platina Metálica 200X150X2mm

COL Columna Metálica 150X100X2mm

P1 Estructura liviana para panel

P2 Panel fibrocemento

P2 Panel mdf

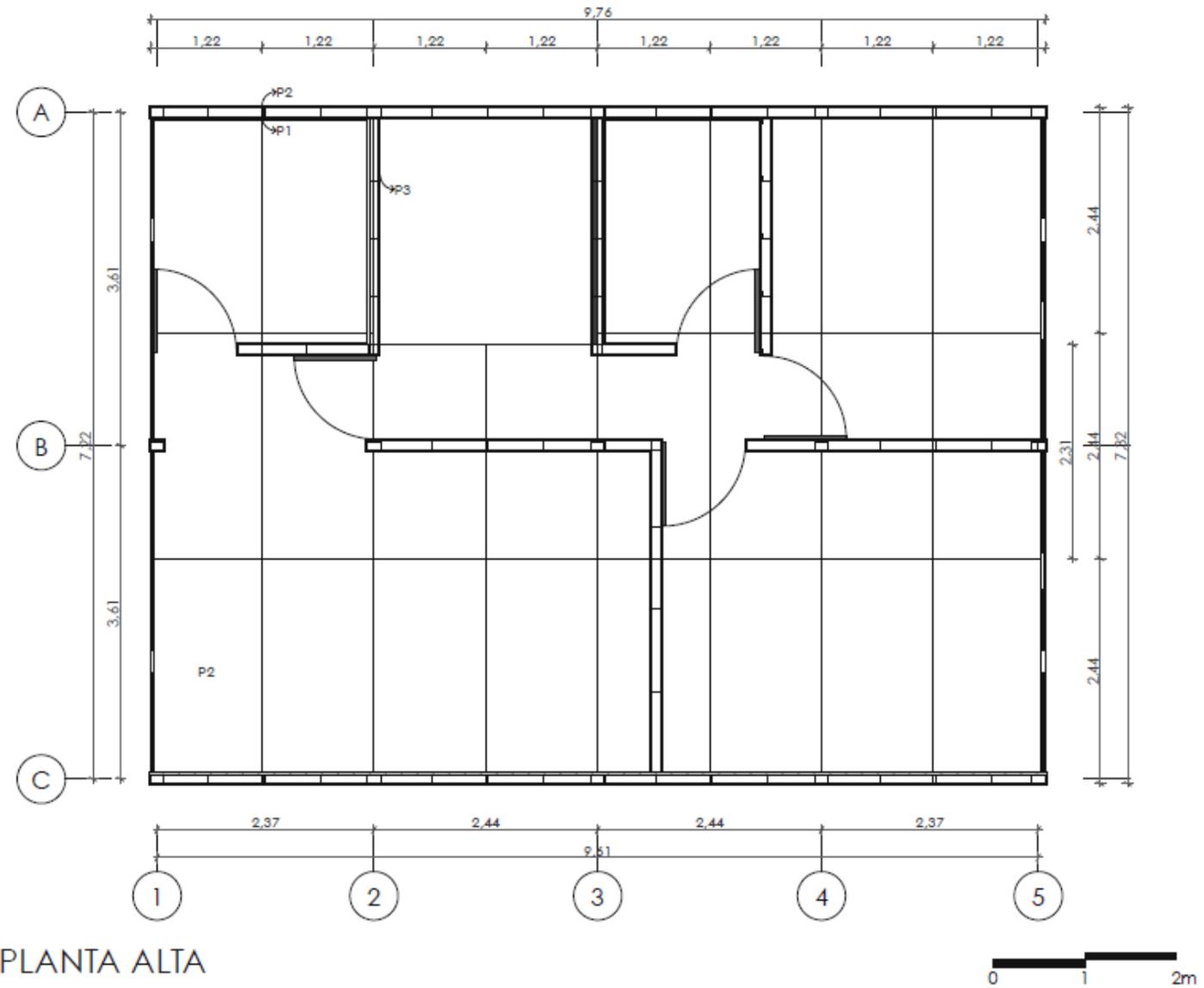


PLANTA BAJA

P1 Estructura liviana para panel

P2 Panel fibrocemento

P2 Panel mdf

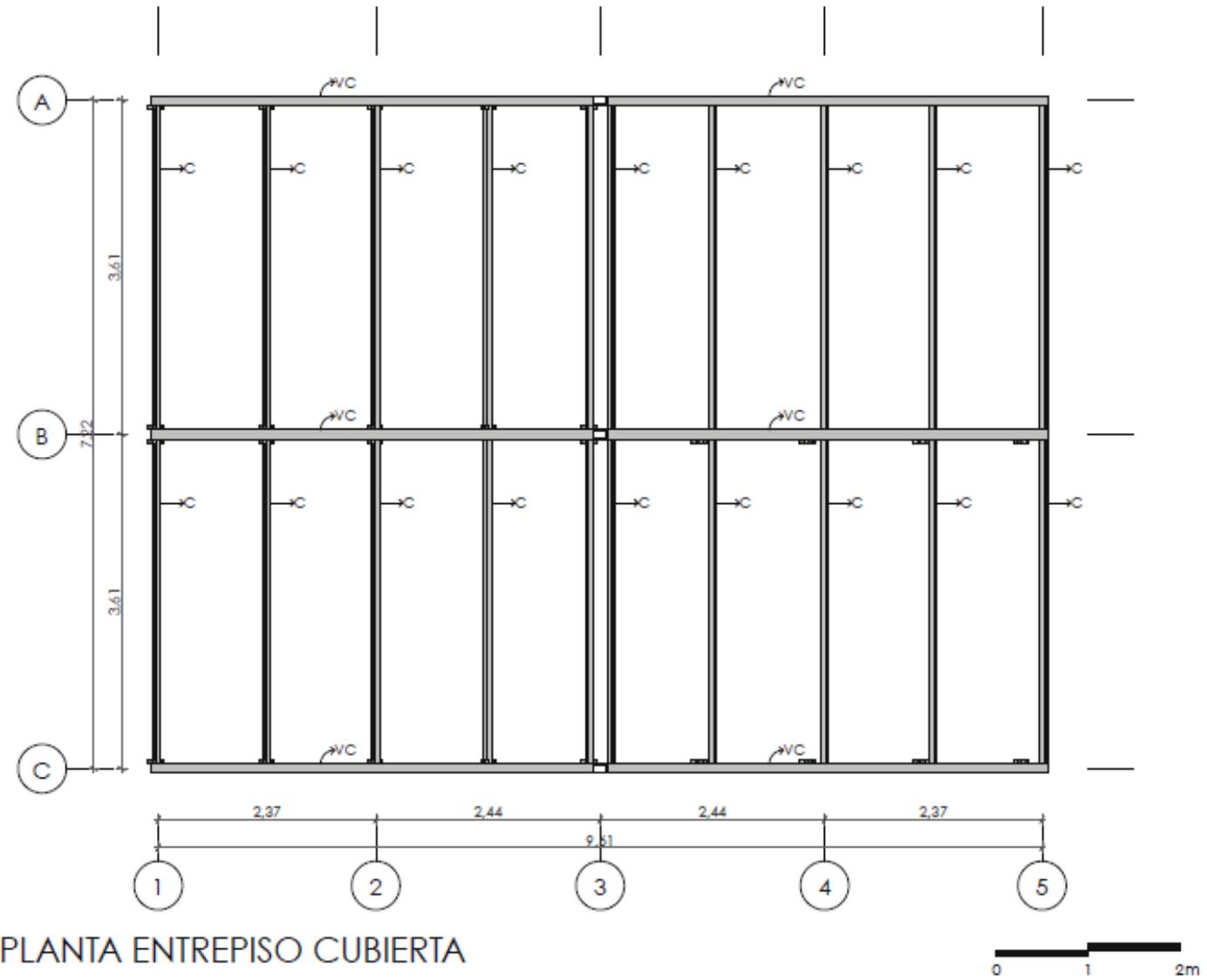


PLANTA ALTA

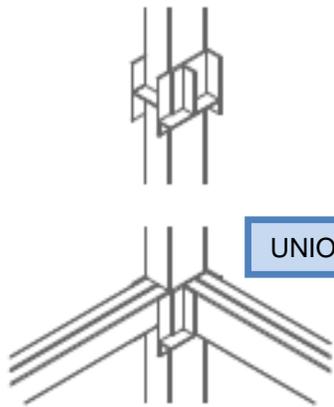
VC Viga de carga 100X100x2mm

C Correa "G" 80x40x15x3

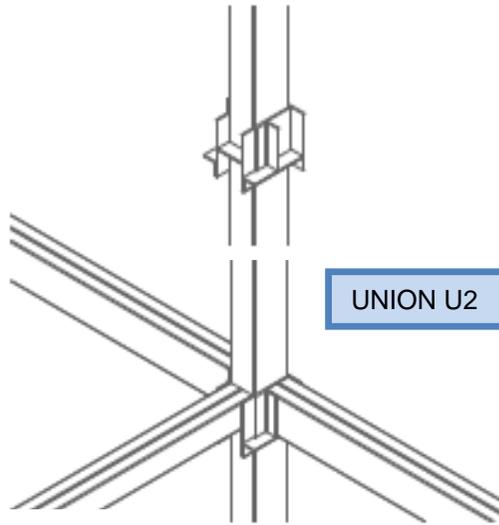
P2 Panel maf



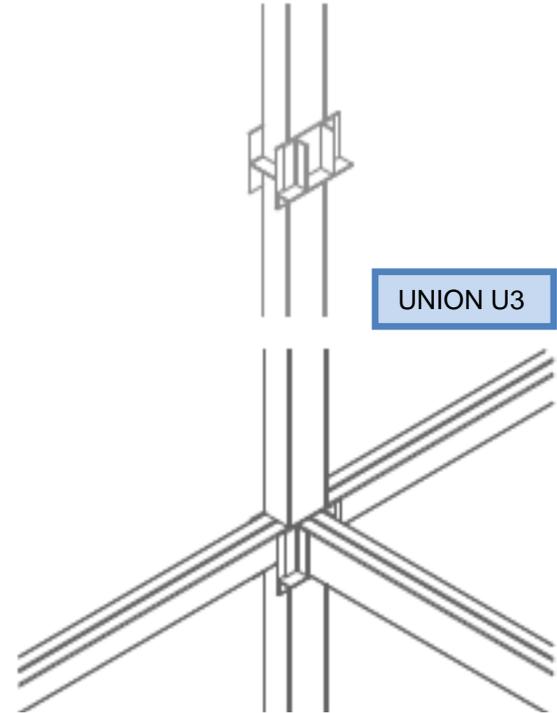
ANEXOS



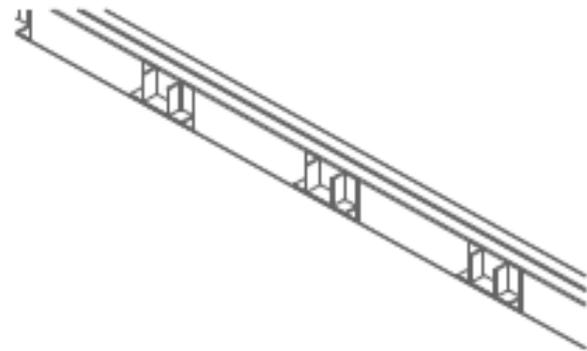
UNION U1



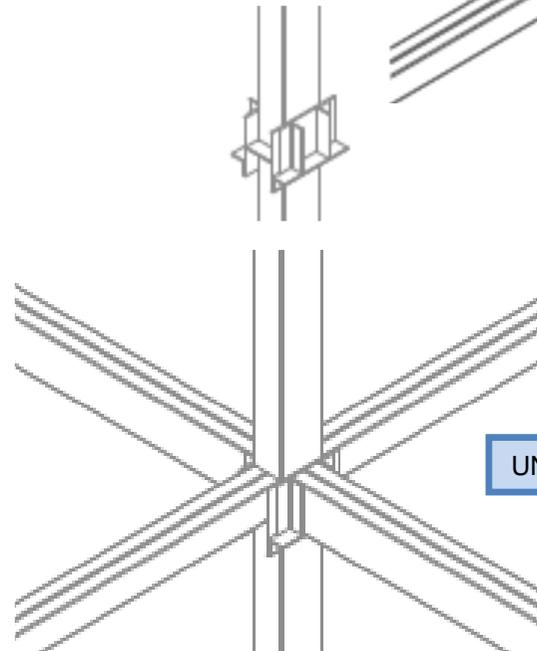
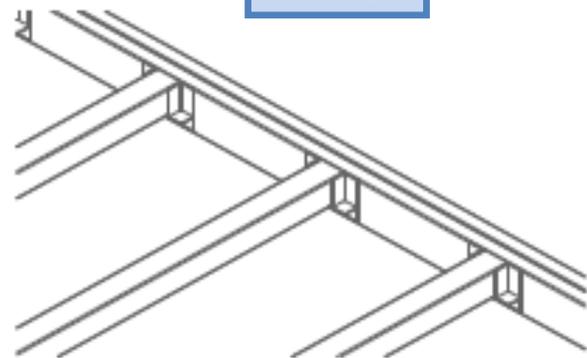
UNION U2



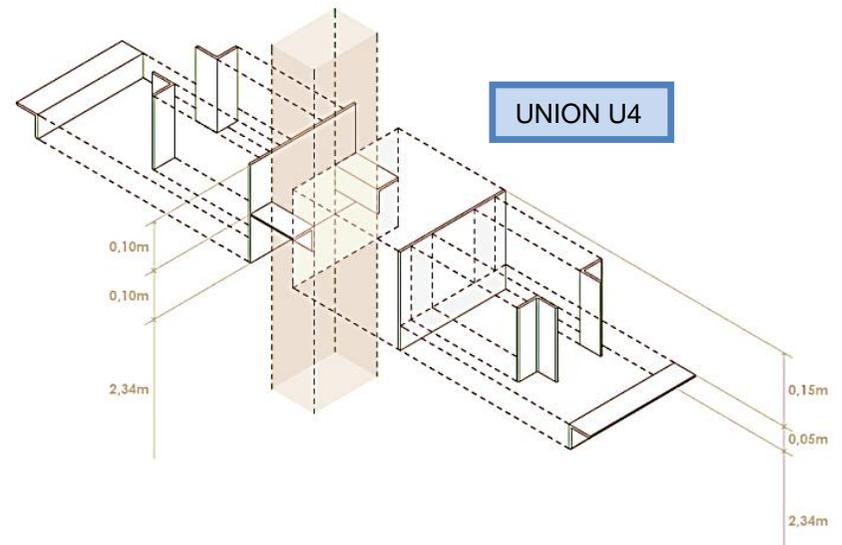
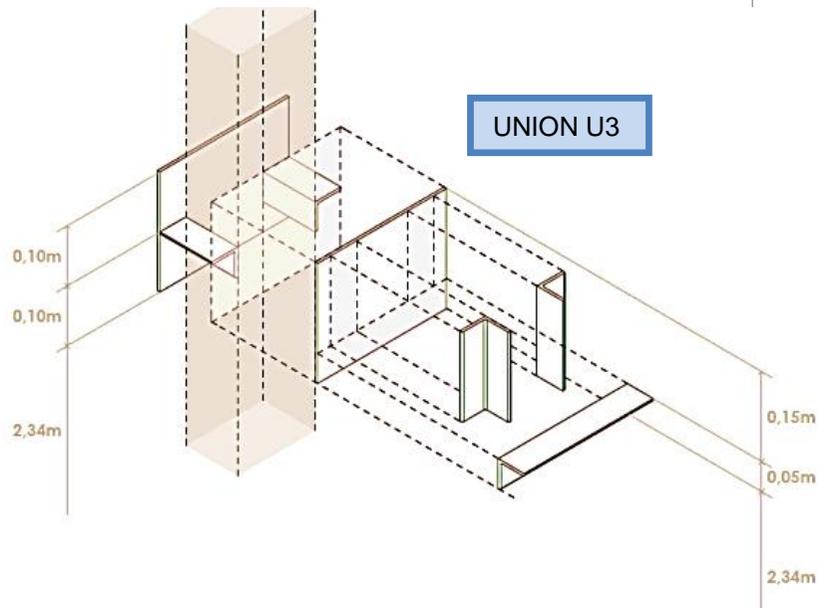
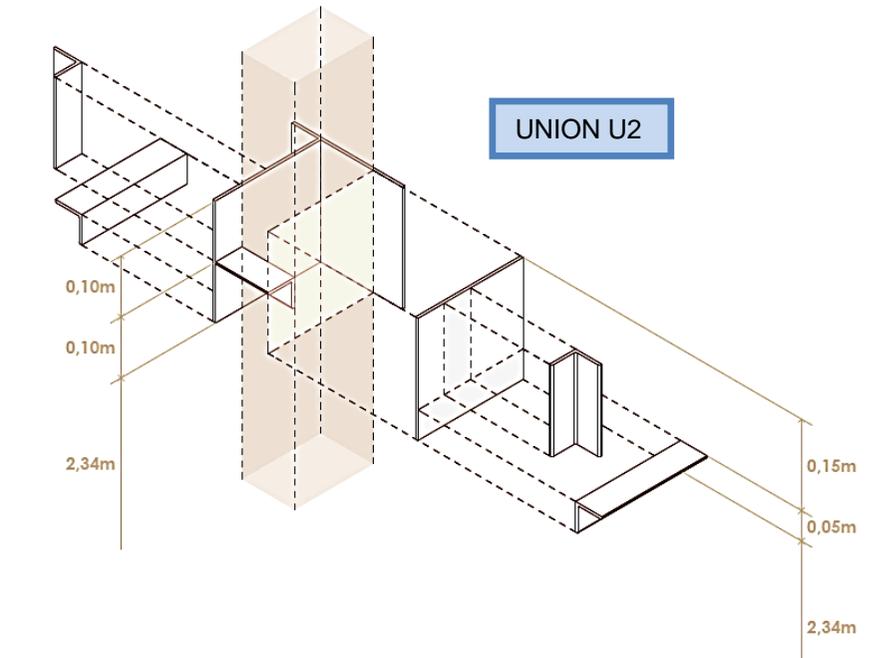
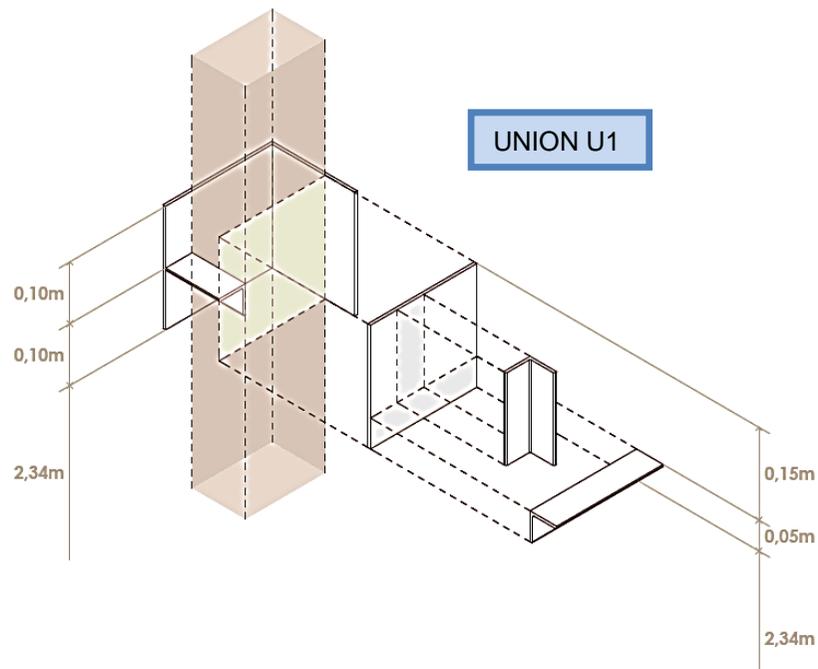
UNION U3

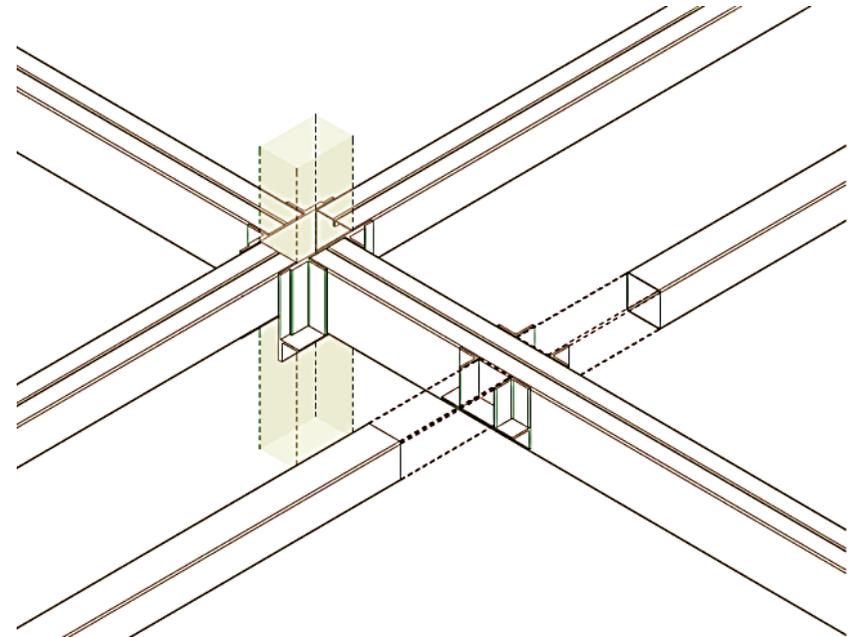
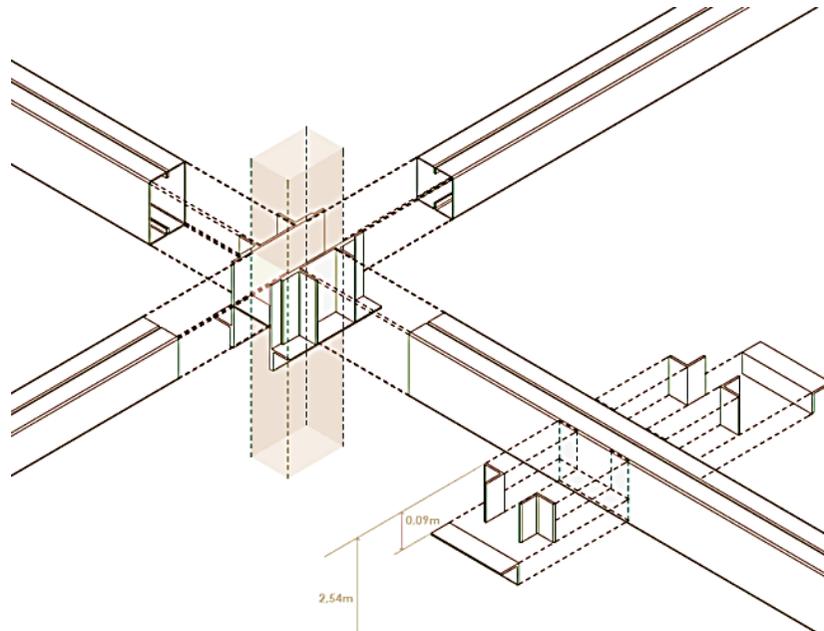


UNION U5



UNION U4





UNION U4 y U5

