aaq 4481

TESIS
IC2004
T77
v.1

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL EN VENEZUELA CON SISTEMAS A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: .....

J U R A D O E X A M I N A D O R

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

Firma:
Nombre: .....

Firma:
Nombre: .....

Firma:
Nombre: .....

REALIZADO POR: Jonathan Triana Florez, Cristian A. Urra López

PROFESOR GUIA: Ing. Francisco A. Morandi Arzola

FECHA: Caracas, 25 de Octubre de 2004

A Venezuela y su gente porque creemos en este hermoso Pais.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, fuente eterna de enseñanza y sabiduría, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres, las personas que mas admiro en la vida, ejemplos vivos de trabajo, constancia y entrega; por su paciencia, su apoyo incondicional, su esfuerzo, por luchar día a día para convertir a sus hijos en hombres de bien, y sobre todo por ser voz de aliento cada vez que me veían caer. Sientan más de ustedes este logro que de mí.

A mi hermano mayor y gran compañero de toda la vida, Jorge; mi ejemplo y modelo a seguir; por tus sabios y oportunos consejos, por darme siempre tu apoyo, por ser la mano que me levantaba y daba el empujón para seguir adelante durante la carrera, por creer en mi, por escucharme siempre antes de juzgarme, pero sobre todo por enseñarme la lección mas grande de humildad. Gracias hermanito. A mis hermanos menores, Yacke y Victor; a quienes adoro y he ayudado a formar, quienes completan para mi el significado de la palabra mas sagrada de la vida: "familia" para que les sirva de ejemplo y tengan la fortaleza de seguir sus metas.

A una persona muy especial para mí, mi novia y mi gran amiga, Desi, por todo su apoyo, comprensión y gran colaboración, gracias por tener el don de hacerme sonreír aún en los tiempos difíciles.

A la Universidad Católica Andrés Bello, por permitirme egresar de sus Aulas, especialmente al personal del Programa de Cooperación Económica al Estudiante, por no haberme negado la oportunidad.

A mis Amigos, Mercedes, Yeilen, Mary, Mariu, Joelito, Franklin, Francisco, July y Juanma; por todo su apoyo y desinteresada colaboración. A Isabel Perea, por su gran ayuda, atención y colaboración. A las familias Valencia Perea, Valencia Blanco, Ibarreto Chourio, por estar con mi familia en los tiempos difíciles.

Al Ingeniero Jaime Urra, por su ayuda desmedida y su gran asesoría en la realización de este trabajo.

A María Teresa, por su colaboración y apoyo.

A mi amigo y compañero en este trabajo, Cristian, por su dedicación y esmero, por saber decir las cosas cuando había que decirlas.

A nuestro tutor, Ing. Francisco Morandi, por todo su apoyo, gran accesoria, por sus consejos y por darnos animo.

A los Ingenieros Alejandra Abraham, David Ogaya y Anna María Díaz, por su gran y desinteresada ayuda.

A mis alumnos, por permitirme enseñarles y por permitirme aprender cada día de ellos.

Y a todos aquellos que aquí no nombro, pero de los cuales estoy consciente que pusieron su granito de arena para ayudarme a lograr la meta.

A todos, ¡Miles de gracias!

Jonathan Triana.

Con la realización de este trabajo especial de grado aprendí lo valioso que pueden ser las circunstancias y vicisitudes que se cruzan en el duro andar de un profesional, lo empinado y escarpado que puede ser una ladera sin un bastón que nos ayude a evitar una dura caída; el sendero de la búsqueda de la verdad se hace más claro gracias a la luz del apoyo desinteresado de un amigo.

Es justo hacer un homenaje a aquellas personas que de alguna u otra forma me han empujado a seguir caminando y a su vez levantado cuando he caído:

A mi Madre, por ser la persona que ha sido mi luz y bastón, que con su sacrificio y valentía me ha inculcado todos aquellos valores que son esenciales para tener fortaleza ante ese camino llamado vida.

A mi Padre, por transmitirme todos sus conocimientos y experiencias velando que sea una persona y profesional integro, por ser mi ejemplo y figura de la que nunca dejaré de aprender.

A Carlos y Claudia por ser más que mis hermanos, compañeros y amigos para toda la vida.

A mi tesoro María Teresa que con su apoyo amoroso y desinteresado he podido pasar las barreras sin caer y seguir a paso firme, por ser aquella persona que me brinda confianza y seguridad ante todo traspiés.

A mis grandes amigos Chapa, Perú, Pavel, Francisco, Manolón, José Manuel, Raquel, Rubén y Sandra por estar siempre ahí brindando una mano amiga cuando más lo he necesitado, especialmente a ellos les brindo un gran homenaje.

Al Ingeniero José Miguel Divasson por su bondad y dedicación, siendo mi guía en todo momento.

Al Ing. Fernando Aranguiz por brindarme su apoyo.

A mi compañero de tesis y amigo Jonathan, por su paciencia y entrega.

A nuestro tutor Ing. Francisco Morandi, por ayudarnos y apoyarnos en los momentos finales de la carrera, cuando más se necesita.

A las empresas ITAMCA, ISOTEX y SIDEPANEL, y a los Ingenieros. Espartaco Haack, Alejandra Abraham, Davis Ogaya, Anna María Díaz que de forma desprendida nos ofrecieron información y apoyo.

A todos ellos GRACIAS.

Cristian Urra.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
SINOPSIS 4
OBJETIVOS 5
1) Objetivo General 5
1) Objetivos Específicos 5
ALCANCES Y LIMITACIONES 6
DEFINICIONES IMPORTANTES 8
CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL 11
1.1 ¿Qué es el EPS? 11
1.1.1 Transformación a Espumas 12
1.1.2 Composición de la Materia Prima 13
1.1.4 Aplicaciones en la Construcción 14
1.2 Características del EPS 15
1.2.1 Propiedades Químicas del EPS 15
1.2.2 Propiedades Físico-Mecánicas del EPS 15
1.3 Comportamiento del EPS frente al fuego 16
1.4 Transferencia Acústica 18
1.5 Empresas analizadas 19
1.5.1 Sistema Constructivo ISOTEX CA 20
1) Concepto y detalles del sistema constructivo 20
1.5.2 Sistema Constructivo ITAMCA 22
1) Concepto y detalles del sistema constructivo 22
2) Antecedentes 23
1.5.3 Sistema Constructivo SIDEPANEL (SIDETUR) 24
1) Concepto y detalles del sistema constructivo: 24
2) Antecedente 26
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA EMPLEADA 28
2.1 Especificaciones Generales 28
2.2 Instrumentos 29
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y RESULTADOS 32
3.1 Cálculo Estructural 32
3.1.1 Sistema tradicional. 32
3.1.2 Sistema ISOTEX 32
3.1.3 Sistema ITAMCA 32
3.2 Calculo de Fundaciones 32
3.3 Entrada y salida de datos del Modelo Matemático 33
3.4 Cálculo energético 33
3.5 Materiales (concreto y acero) y costos en obra 34
3.5.1 Sistema Tradicional 34
3.5.2 Sistema ISOTEX 35
3.5.3 Sistema SIDEPANEL 35
3.5.4 Sistema ITAMCA 36

3.5.4 Sistema ITAMCA *36*
3.6 Tiempo de Ejecución y Costos de Mano de Obra *37*
3.6.2 Sistema ISOTEX *38*
3.6.3 Sistema SIDEPANEL *39*
3.6.4 Sistema ITAMCA *40*
3.7 Tiempo de Ejecución de Obra *41*
3.7.1 Sistema Tradicional *41*
3.7.2 Sistema ISOTEX *41*
3.7.3 Sistema SIDEPANEL *42*
3.7.4 Sistema ITAMCA *42*
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS **43**
4.1 Análisis Estructural: *43*
4.1.1 Sistema Tradicional. *43*
4.12 Sistema ISOTEX. *43*
4.1.3 Sistema ITAMCA. *44*
4.1.4 Sistema Sidepanel. *44*
4.2 Volumen de Concreto en Infraestructura *45*
4.3 Cantidad de Acero en Infraestructura *45*
4.4 Volumen de concreto en Estructura *46*
4.5 Cantidad de Acero en Estructura *46*
4.6 Costo Total de Acero y Concreto en Obra *47*
4.7 Costo de Mano de Obra *48*
4.8 Tiempo de Ejecución de Obra *50*
4.9 Análisis energético *50*
CONCLUSIONES **52**
BIBLIOGRAFÍA **54**

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL 11
Tabla 1.2.1.1: Propiedades Químicas del EPS 15
Tabla 1.2.1.2: Propiedades Físico-Mecánicas 15
Tabla 1.3.1: Componentes de los gases de combustión del EPS 17
Tabla 1.4.1: Pérdida de Transmisión de sonido para algunos materiales de construcción 19
Tabla 1.5.2.1.: Caracteristicas del panel ITAMCA 23
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y RESULTADOS 32
Tabla 3.5.1.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema Tradicional 34
Tabla 3.5.2.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema ISOTEX 35
Tabla 3.5.3.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema SIDEPANEL 35
Tabla 3.5.4.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema ITAMCA 36
Tabla 3.6.1.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra Sistema Tradicional 38
Tabla 3.6.2.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra ISOTEX 38
Tabla 3.6.3.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra SIDEPANEL 39
Tabla 3.6.4.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra ITAMCA 40
Tabla 3.7.1.1: Tiempo de Ejecución de Obra Sistema Tradicional 41
Tabla 3.7.2.1: Tiempo de Ejecución de Obra ISOTEX 41
Tabla 3.7.3.1: Tiempo de Ejecución de Obra SIDEPANEL 42
Tabla 3.7.4.1: Tiempo de Ejecución de Obra ITAMCA 42

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL **11**
Figura 1.1.1: Fabricación del EPS *11*
Figura 1.3.1: Comportamiento del incendio en una EDIFICACIÓN *16*
Figura 1.5.1.1: Bloque PROFORM *21*
Figura 1.5.1.2: Detalle de vaciado de concreto y disposición de cabillas *21*
Figura 1.5.1.3 CONDUVEN ECO T-100 ..... *21*
Figura 1.5.1.4: Armado de la Termolosa C con el PERFIL ECO T-100 COMO NERVIO CENTRAL. *21*
Figura 1.5.1.5: Vaciado de concreto con FIBERMESH EN LA TERMOLOSA C *21*
Figura 1.5.1.6: Dimensiones de la TermolosaC *22*
Figura 1.5.1.7: Detalle de la Termolosa C *22*
Figura 1.5.1.8: Detalle del Perfil ECO T-100 ..... *22*
Figura 1.5.3.1: Detalle del ISOPANEL *24*
Figura 1.5.3.2: Sección del ISOPANEL *25*
Figura 1.5.3.3: Detalles de intersección de entrepiso y muros *25*
Figura 1.5.3.4: Detalles de unión en losa de techo *26*
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA EMPLEADA **28**
Figura 2.2.1: Organigrama explicativo de entrada y salida de datos del ETABS V8.1.3 ..... *30*
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS **43**
Figura 4.1.1: Volumen de Concreto en Infraestructura *45*
Figura 4.2.1: Cantidad de Acero en Infraestructura *45*
Figura 4.3.1: Volumen de Concreto en Estructura *46*
Figura 4.4.1: Cantidad de Acero en Estructura *47*
Figura 4.5.1: Costo Total de Acero y Concreto en Obra *47*
Figura 4.6.1: Costo Total de Mano de Obra *48*
Figura 4.6.2: Costo Total de Materiales de Construcción y Mano de obra *49*
Figura 4.7.1: Tiempo de Ejecución en Obra *50*
Figura 4.8.1: Análisis Energético *50*

INTRODUCCIÓN

Desde su umbral el ser humano ha tenido la necesidad de estar protegido del medio ambiente que lo rodea, principalmente a cambios violentos de temperatura, exposición a la lluvia, sol, animales y sismos.

Hoy en día, gracias a los patrimonios arquitectónicos dejados por distintas civilizaciones (como la maya, inca, aztecas y egipcia) sabemos no sólo de su existencia sino también que nuestros antepasados se valieron de diferentes tipos de materiales para la construcción de sus viviendas, principalmente la piedra. Con el pasar de los años, el hombre en su búsqueda por mejorar su calidad de vida descubre materiales constructivos sustitutivos de la madera y la piedra que se han convertido actualmente en los pilares fundamentales de las edificaciones, tales son: el concreto y el acero, teniendo como gran limitante su peso y su capacidad térmica específica.

Actualmente, las viviendas no solo se construyen para resguardar del medio ambiente a quienes la habiten sino que, producto de la evolución social el hombre tiene otras necesidades en lo que a obra civil se refiere. De esta manera la Ingeniería Civil ha abierto un abanico de campos como ingeniería hidráulica, vial, sanitaria, etc., para cubrir dichas necesidades. La historia misma nos cuenta que el material empleado juega un papel importante en la construcción de una obra civil, recordando que la función principal de la misma es de proteger y que sea lo más perdurable posible para brindar seguridad, confort y confianza a quienes la usen.

La eficacia de una estructura no sólo depende de su solidez y economía, sino de sus cualidades antisísmicas, térmicas, sus índices de comodidad y salubridad. En el caso de Venezuela el crecimiento de la población y la crisis económica, han incrementado cada vez más el déficit de viviendas, generando un profundo deterioro en la calidad de vida de gran parte de los venezolanos, que –entre otras cosas del ámbito social- constituye un problema. Es importante proporcionar una solución a ésta necesidad, para lo cual resulta imprescindible el

incremento de la productividad en la construcción y principalmente optimizar el uso de los recursos económicos, materiales, equipos y mano de obra que disponemos en el país, solución que los procesos tradicionales de construcción parecieran que no son capaces de proporcionar por sí solos.

Gracias a que vivimos en una época de grandes cambios tecnológicos en diversos campos como el de la medicina, las comunicaciones, la industria automotriz, etc., también la ingeniería civil ha desarrollado nuevos materiales de construcción que pueden proporcionar un aporte a la solución de los problemas planteados.

En Venezuela el 75% de la población esta ubicada en los sistemas Montañosos: Andino, Cordillera Central y Cordillera Oriental, donde se encuentran precisamente las tres Fallas Sísmicas más importantes del país: la falla de Boconó, la falla de San Sebastián y la falla del Pilar, respectivamente. Precisamente en esa región es donde colinda la placa tectónica sudamericana y la placa tectónica caribeña; es decir que la mayoría de la población venezolana habita en una zona de alto riesgo sísmico.

> *"Desde 1530 hasta la presente fecha se han registrado más de 150 eventos sísmicos, siendo el más reciente el terremoto que asoló al estado Sucre el 9 de julio de 1997, dejando un saldo de 73 muertos, 23 de los cuales eran estudiantes y 3 de ellos docentes de la localidad de Cariaco, sin tomar en cuenta las cuantiosas pérdidas materiales registradas. Otro tipo de daños más frecuentes como son los deslizamientos, inundaciones, fuertes vientos y lluvias, afectan anualmente a un número importante de edificaciones educativas, interrumpiendo las actividades docentes significando en algunos casos, la pérdida del año escolar.*
>
> *La amenaza a la vida humana y a la pérdida de bienes materiales que representa este tipo de desastres, viene generalmente relacionada con las obras de infraestructura construidas por el hombre. Casi siempre el colapso de esa infraestructura es lo que ocasiona esas pérdidas."*[1]

Algunos de los nuevos materiales, economizan la ejecución de una edificación en el largo plazo y se adaptan a las necesidades de la construcción en cuanto a los requerimientos sísmicos, disminución del peso de la obra, capacidad ignífuga, aislamiento térmico, aislamiento acústico, e inocuidad ante el medio ambiente; tal es el caso del poliestireno expandido (EPS) que -conjuntamente con otros materiales tradicionales como el cemento y el

---

[1] *Rodriguez, L. y Prieto M. Conferencia Hemisférica del Sector Educativo para la mitigación de riesgos Socio-Culturales. Caso Venezuela (Caracas, julio de 1.997). Consultado el dia 15 de Julio de 2004 de la World Wide Web:http://www.arq.ucv.ve/~comir/MINISTEDUCA.html.*

acero- conforma paneles autoportantes y desarrollan eficazmente la función de distribución uniforme de las cargas sobre la estructura, destacándose entre otras virtudes: la gran rigidez, la resistencia del sistema, y el aligeramiento del peso transmitido como cargas a las fundaciones y por ende una gran capacidad de carga de aislamiento térmico y acústico.

Todos estos aspectos llamaron nuestra atención y nos motivó a efectuar una investigación que se focaliza sobre la Comparación de Sistemas Constructivos a Base de EPS y Sistemas Tradicionales a Base de Bloques de Concreto y Arcilla.

SINOPSIS

- ***Definiciones Importantes:*** Se establece una terminología básica relacionada con los temas desarrollados a lo largo del Trabajo.

- ***Marco Referencial:*** Se plantean los antecedentes, características, mecánicas, químicas y físicas del EPS, así como sus variados usos en la construcción, también se describen las características de los sistemas constructivos a comparar.

- ***Metodología Empleada:*** Se describe el método de comparación a utilizar para el análisis de las distintas variables desarrolladas, además se mencionan las especificaciones técnicas, sísmicas, viento, tipo de suelo, ubicación geográfica, y otros parámetros necesarios para hacer el análisis comparativo.

- ***Estudio Técnico de Cada Sistema de construcción:*** Se realizará un diseño tipo de una vivienda multifamiliar en base a los parámetros establecidos y a los sistemas adoptados para el estudio comparativo

- ***Análisis Comparativo:*** En función de los resultados obtenidos se compara cada sistema de construcción en función de las características sísmicas, acústicas, térmicas, tiempo de ejecución y costos.

- ***Conclusiones:*** En función de todos los resultados de los análisis y estudios realizados se presentan las conclusiones generales sobre los diferentes aspectos de la investigación.

OBJETIVOS

1) Objetivo General

Realizar un análisis comparativo desde el punto de vista de Costos, Rendimiento de Ejecución y Ahorro Energético al utilizar Poliestireno Expandido (EPS) como material de construcción y el sistema de construcción tradicional a base de bloques de concreto y de arcilla.

1) Objetivos Específicos

- Diseñar, por medio de programas Excel 2004, Autocad 2005 y ETABS V8.1.3 bajo las normas Venezolanas COVENIN-MINDUR, una vivienda multifamiliar con el método de construcción tradicional y otros con el método de construcción a base de EPS (poliestireno expandido).
- Utilizar para el análisis de costos los precios de los materiales establecidos por el Colegio de Ingenieros de Venezuela, el costo del EPS se analizará según el precio del mercado venezolano.
- Determinar las fuerzas de acción sobre la estructura a través de un modelo matemático confiable con entrada y salida de datos (ETABS).
- Determinar las cantidades de materiales de construcción requerido en cada sistema de construcción a través del diseño estructural, basado en las normas Venezolanas COVENIN-MINDUR, a fin de establecer comparaciones de costo y tiempos de ejecución de los distintos sistemas constructivos.
- Comparar el ahorro energético de ambos sistemas de construcción a través de la determinación de la perdida de calor de un apartamento realizado con bloques de concreto y otro con paneles de EPS.

ALCANCES Y LIMITACIONES

- Se hará un análisis comparativo entre la construcción tradicional a base de bloques de arcilla y concreto y la construcción a base de EPS, para verificar que tan eficiente resulta este último como alternativa en la construcción venezolana.

- Para realizar el análisis comparativo se diseñará una vivienda multifamiliar de tres plantas con área aproximada de 240 m^2 por piso, con una azotea plana, ubicada en la posición más desfavorable en cuanto a viento, sismo, tipo de suelo y exposición al sol.

- Para el primer caso, vivienda multifamiliar diseñada a base del sistema tradicional, se utilizarán bloques de concreto para las paredes y bloques de arcilla para las losas de entrepiso y techo (losas de tabelones). Para el diseño a base de EPS se elaborará un modelo similar con EPS en losa de techo, losa de entrepiso y tabiquería. En ambos casos se tiene que escoger un lugar geográfico en Venezuela considerado como el más desfavorable en cuanto a acción sísmica, acción del viento, temperatura ambiental y calidad del suelo, para así realizar el análisis comparativo.

- El cálculo estructural se realizará para determinar los materiales requeridos en cada edificación con los distintos sistemas constructivos. Empero, los resultados obtenidos en este cálculo no formarán parte del análisis comparativo ya que estos son para verificar o diseñar las edificaciones, si así lo permite o amerita el sistema a ser utilizado.

- Se determinará los costos de los materiales utilizados y tiempo de ejecución para cada sistema constructivo a fin de analizar y comparar la eficiencia de los mismos.

- El cálculo de ahorro energético se hará determinando la transferencia de calor de las paredes y losas de cada sistema a fin de establecer las comparaciones respectivas.

- El estudio del comportamiento del poliestireno expandido como material de construcción, su propiedades físicas y químicas, se fundamentará en función de cálculos basados en las Normas Venezolanas COVENIN-MINDUR, Modelo Matemático ETABS v8.1.3, EXCEL y apuntes de la carrera, información existente en: bibliografía especializada, documentos electrónicos actualizados y entrevistas realizadas a profesionales que se han destacado en el tema en entidades que se benefician con la construcción de obras civiles aplicando este material.

- Los diseños estructurales se realizará sin tomar en cuenta escaleras ya que no ingresaría como una variable en los mismos.

DEFINICIONES IMPORTANTES

- ***Acciones permanentes:*** Representa las cargas gravitatorias debidas al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales, tales como muros, pisos, techos, tabiques, equipos de servicio unidos a la estructura y cualquiera otra carga de servicio fija. (Véase Referencia [19], Capítulo 2: Notación y Unidades, Página: 3).

- ***Acción del Viento o Eólica:*** Acción accidental que produce el aire en movimiento sobre los objetos que se le interponen, y que consiste, principalmente, en empujes y succiones. (Véase Referencia [20], Capítulo 2, Notación y Unidades: Página: 2).

- ***Acción sísmica:*** Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales y los rotacionales respecto al eje vertical. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 3).

- ***Acciones variables:*** Carga originada por el uso y ocupación del edificio, excluidas las cargas permanentes, de viento o sismo. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 3).

- ***Análisis dinámico:*** En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 3).

- ***Carga Mayorada:*** Carga de servicio multiplicada por los factores de mayoración indicados en las normas COVENIN-MINDUR correspondientes al material utilizado. (Véase Referencia [19], Capítulo 2: Notación y Unidades, Página: 4).

- ***COVENIN:*** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

- ***Deriva:*** Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 4).

- ***Diafragma:*** Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 4).

- ***Edificación:*** Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 4).

- ***Entrepiso:*** Espacio entre dos pisos consecutivos. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 5).

- ***EPS:*** Siglas inglesas del Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene Stylofoard), en Venezuela conocido comúnmente como Anime. La base del Poliestireno es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión (el hidrocarburo pentano C5H12). (Véase Referencia [4], Página. 2).

- ***Espectro de diseño:*** Espectro que incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 5).

- ***Modelo Matemático:*** Formulación de la situación real en forma idealizada, adecuada para el cálculo y con propósitos de predicción y control. (Véase Referencia [19], Capítulo 2: Notación y Unidades, Página: 8).

- ***Muros estructurales:*** Muros especialmente diseñados para resistir combinaciones de cortes, momentos y fuerzas axiales inducidas por los movimientos sísmicos y/o las acciones gravitacionales. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 6).

- ***Perfil de suelo S2:*** Es un perfil con gran espesor de suelos, que pueden estar formados por arena y gravas medianamente densas a muy densas, y/o limos y arcillas de consistencia dura a muy dura, o bien una mezcla de éstos.

- ***Teoría de los Estados Límite:*** Método de diseño que consiste en determinar todos los modos potenciales de falla o inutilidad (estados límites), y mantener unos niveles de seguridad aceptables contra su ocurrencia, los cuales se establecen habitualmente con criterios probabilísticas. (Véase Referencia [19], Capítulo 2: Notación y Unidades, Página: 6).

- ***Zona sísmica:*** Zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos. (Véase Referencia [18], Capítulo 2: Definición y Notación, Página: 7).

CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL

1.1 ¿Qué es el EPS? [2]

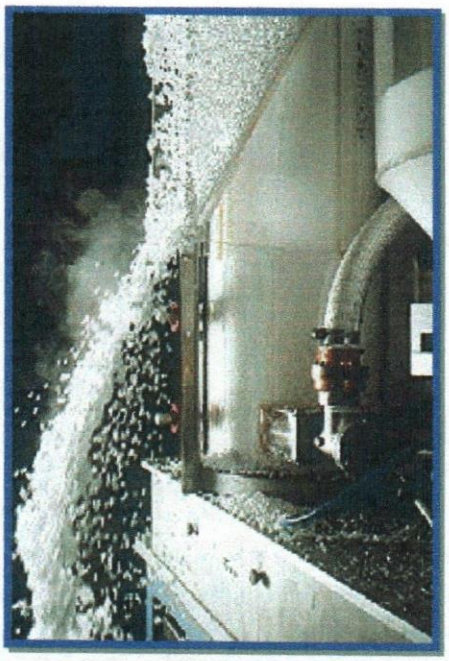

Figura 1.1.1 Fabricación del EPS

"El Poliestireno Expandido (EPS) nació en Alemania en 1951 y es fabricado desde entonces en plantas distribuidas en todo el mundo. Se destina a una diversidad de sectores de aplicación, entre los cuales predominan los relacionados con los materiales aislantes y de construcción. Paralelamente también se le da uso para envase y embalaje, debido a su gran resistencia a la compresión". [3]

El Poliestireno Expandido o EPS se elabora a partir de la materia prima, el Poliestireno Expansible. El insumo base es el estireno (un derivado del petróleo) el que por un proceso de polimerización da origen a unos gránulos esferoidales de tamaño milimétrico. Estos gránulos o perlas se incorporan en moldes para expandirse por temperatura y vapor (pueden alcanzar un volumen de hasta 50 veces superior al inicial) y termosoldarse entre ellos hasta conformar finalmente un cuerpo volumétrico único y homogéneo que posteriormente se adoptan a las dimensiones que se requieren.

El producto resultante es una espuma rígida de color blanco, caracterizado por un termoplástico de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica con relación a su reducido peso aparente. El 98 % de aire incluido en su volumen es lo que le confiere su capacidad de aislamiento térmico y acústico.

---

[2] *ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el día 22 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar*

[3] *ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el día 22 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar*

"La producción anual, a escala mundial, de Poliestireno Expandido destinado a la construcción, está en el orden de los 60.000.000 m3 esto debido a su atractivo como material constructivo". [4]

El EPS puede ser trabajado mecánicamente para ser dispuesto tanto en superficies absorbentes como no absorbentes (puede ser aserrado, cortado, perforado, cepillado, lijado, elastificado, adherido). Aparte de ser estable dimensionalmente, prácticamente impermeable, dimensionable milimétricamente en los espesores y medidas según el requerimiento deseado; mantiene su capacidad de aislamiento térmico en el tiempo.

Inicialmente los paneles de EPS fueron usados simplemente como parte de la envoltura exterior de las estructuras, pero con el tiempo se fueron convirtiendo en partes estructurales reforzándolas con otros materiales. Estos paneles usados como estructuras tipo sándwich son esencialmente láminas de anime colocadas entre dos perfiles metálicos, lámina sintética o concreto. Se puede establecer una analogía estructural entre estos paneles y una viga doble T, donde las caras del friso actúan como las alas y la lámina de EPS como el alma de la viga doble T.

Sin embargo en nuestro país hay cierto rechazo al uso de este material, principalmente por la falta de información y a la cultura de poseer una vivienda rígida que dé la sensación de protección y solidez. En la actualidad la tendencia a nivel mundial es diseñar lo más flexible y ligero posible para disminuir la fuerza de la acción sísmica sobre el cuerpo de la estructura, no debe olvidarse que Venezuela no escapa al ataque sísmico, como se hizo referencia anteriormente.

1.1.1 Transformación a Espumas [5]

La espuma rígida de Poliestireno Expandido es elaborada industrialmente mediante preexpansión, estabilización y expansión en moldes.

- ***Preexpansión:*** Las partículas de Poliestireno expansible permanecen sueltas en recipientes con agitadores, y por la acción del calor del vapor de agua (entre 90°C y

[4] *ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el dia 22 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar*

[5] *ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el dia 22 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar*

105°C) aumentan su volumen hasta 50 veces el volumen original, debido a la acción del agente de expansión. Su peso específico aparente, luego de la preexpansión, es función de la duración del calentamiento. Luego se dejan un tiempo en reposo a fin de que el aire penetre en las partículas y las seque, estabilizando su volumen.

- ***Expansión:*** Se colocan las partículas de Poliestireno preexpandidas y reposadas en un molde cerrado y se las calienta rápidamente con vapor de agua entre 100°C y 110°C. Sufren entonces un aumento de volumen y se fusionan entre sí, formando las denominadas espumas rígidas.

La transformación se lleva a cabo por empresas especializadas que en parte poseen patentes propias para los procesos de transformación, y venden el poliestireno expandido (EPS) bajo diversas marcas comerciales propias.

1.1.2 Composición de la Materia Prima [6]

La base del Poliestireno es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión (el hidrocarburo pentano C5H12).

Las adiciones de estos elementos influyen en las características del material expandido, brindando los distintos tipos de poliestirenos.

- Poliestireno Expansible Standard: Tipo básico.
- Poliestireno Expansible Difícilmente Inflamable: También denominado "autoextinguible".

> "Responde a materia prima para material clasificado como "difícilmente inflamable" o grado "SE" con retardantes de ignición según normas DIN 4102 o como RE2 de "muy baja propagación de llama" según Norma IRAM 11910-3. El EPS de grado SE contiene una pequeña cantidad de agente retardante de fuego (máximo 0,5%). Se trata del retardante de fuego hexabromociclododecano (HBCD). Este tiene un efecto beneficioso cuando el EPS está expuesto a una fuente de fuego. La espuma se encoge rápidamente retirándose de la fuente de calor, de esta manera se reduce la probabilidad de ignición. Los productos de descomposición del aditivo causan el apagado de la

[6] *ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el día 22 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar*

llama, de este modo cuando se retira la fuente de ignición, el EPS no continúa inflamándose".[7]

1.1.4 Aplicaciones en la Construcción

El Poliestireno Expandido tiene una diversidad de aplicaciones, en las que podemos nombrar:

- Paneles prefabricados diversos para su uso en viviendas y en la industria frigorífica.
- Aislamiento térmico de elementos constructivos (aislamiento térmico exterior e interior de la envolvente de una edificación).
- Aislación para losas radiantes de entrepisos de edificios (calefacción).
- Hormigones y rellenos livianos para sobrelosa (mezcla de cemento, arena y poliestireno granulado).
- Aislamiento acústico de ruidos de impacto en estructuras de entrepiso.
- Absorción de vibraciones producidas por el transporte ferrocarril, urbano y afines.
- Piezas y moldes para materializar formas y complementar obras de moldaje.
- Complemento de materiales para alivianar estructuras, como por ejemplo, bovedillas, encofrados perdidos y otros.
- Para conformar elementos decorativos.
- En obras civiles y aplicaciones geotécnicas: Para la conformación de terraplenes livianos para la reducción de asentamientos y tensiones de empuje en los estribos de puentes, viaductos y obras afines, ampliaciones de obras civiles y revestimiento de vertederos.
- Como juntas de dilatación en vaciados de concreto.

[7] *Tomado del folleto "Comportamiento del EPS en caso de incendio" EUMEPS, Representante de Fabricantes Europeos de Poliestireno Expandido (EPS). Enero 2004, (página 3).*

1.2 Características del EPS

1.2.1 Propiedades Químicas del EPS

La tabla siguiente resume la estabilidad química del EPS frente a solventes y otras sustancias y demuestra su capacidad de estabilidad frente a muchos productos químicos.

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina (agua de mar)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Acido clorhídrico (al 35%) , ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esteres,..)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Tabla 1.2.1.1: Propiedades Químicas del EPS

1.2.2 Propiedades Físico-Mecánicas del EPS

La tabla siguiente resume las características físico-mecánicas según Norma UNE:

PROPIEDADES	NORMA UNE	UNIDADES	TIPOS EPS						
			TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	TIPO VII
DENSIDAD Nominal	EN-1602	Kg/m³	10	12	15	20	25	30	35
DENSIDAD Mínima		Kg/m³	9	11	13.5	18	22.5	27	31.5
ESPESOR MÍNIMO		mm	50	40	30	20	20	20	20
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA I (10ºC)	92201	mW/(mK)	46	43	39	36	35	34	33
Tensión por COMPRESIÓN con deformación del 10%. (s10)	EN-826	KPa	30	40	65	100	150	200	250
Resistencia permanente a la COMPRESIÓN con una deformación del 2%		KPa	-	-	15-25	25-40	35-50	45-60	55-70
Resistencia a la FLEXION (sB)	EN-12089	KPa	50	60	100	150	200	275	375
Resistencia al CIZALLAMIENTO	EN-12090	KPa	25	35	50	75	100	135	184
Resistencia a la TRACCION	EN-1607 EN-1608	KPa	-	<100	110-290	170-350	320-410	300-480	420-580
Módulo de Elasticidad		KPa	-	<1.5	1.6-5.2	3.4-7.0	5.9-7.2	7.7-9.5	9-10.8
Indeformabilidad al calor instantánea		ºC	100	100	100	100	100	100	100
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m2		ºC	75	75	75	80	80	80	80
Coeficiente de dilatación térmica lineal		1/K (xE-5)	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul
Capacidad Térmica Específica		J/(kgK)	1210	1210	1210	1210	1210	1210	1210
Clase de reacción al fuego		-	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	EN-12087	% (vol.)	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	EN-12087	% (vol.)	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar
Indice de resistencia a la difusión de vapor de agua	92226	1	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120

Tabla 1.2.2.1: Propiedades Físico-Mecánicas

1.3 Comportamiento del EPS frente al fuego

Las materias primas del poliestireno expandido son polímeros de estireno que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todos ellos son materiales combustibles; sin olvidar que las clases con retardantes de llama o grados "SE" hacen al material expandido mucho más difícil de arder y reducen considerablemente las tasas de propagación de la llama.

"Cuando un edificio tiene las condiciones normales de temperatura en su uso cotidiano, hay un equilibrio natural entre los materiales inflamables y el oxígeno del ambiente. Cuando ocurre un incendio en su primera etapa la energía de ignición entra en contacto con la superficie de los materiales inflamables. Por encima de una temperatura aproximada de 200°C, el material despedirá gases, los cuales se quemarán debido tanto a la ignición original como espontáneamente. En el caso de los gases, la combustión puede conducir directamente a la generación de llamas mientras que los materiales sólidos, tales como los muebles, han de convertirse, en primer lugar, en fuentes de ignición incandescentes. En la primera etapa de un incendio, hay una acumulación gradual de energía calorífica en forma de gases combustibles. En este punto la temperatura es aún relativamente baja y el fuego aún está localizado en el interior del edificio. Más tarde, se produce un desarrollo repentino, llamado 'flash-over', en el que la temperatura aumenta significativamente y el fuego se propaga repentinamente en todo el compartimiento. Después de este

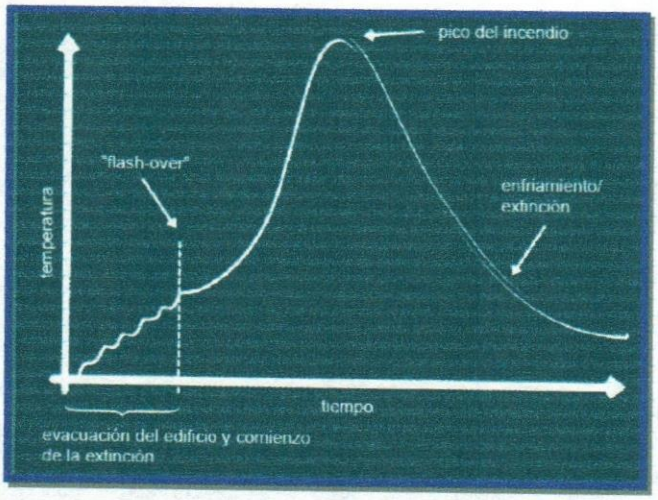

Figura 1.3.1 Comportamiento del incendio en una Edificación.

desarrollo repentino o 'flash over' las oportunidades de rescatar gente y equipos se reducen considerablemente".[8]

El aislamiento del EPS tiene que ser realizado de tal manera que cumpla con los requerimientos necesarios para evacuar la zona afectada o extinguir el incendio a tiempo, sin olvidar que el EPS utilizado tiene que ser obligatoriamente de grado "SE".

A continuación se muestra una tabla que detalla los gases tóxicos desprendidos por el EPS y por la madera, sometidos a ignición o exposición a la llama:

Probeta	Componentes de los gases de combustión	Composición del gas de combustión en ppm a una			
		300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
Material expandido de producto estándar	Monóxido de carbono	50 *	200 *	400 *	1000 *
	Estireno monómero	200	300	500	50
	Otras sustancias aromáticas	Trazas	10	30	10
	Acido bromhídrico	0	0	0	0
Material expandido de producto autoextinguible	Monóxido de carbono	10 *	50 *	500 *	1000 *
	Estireno monómero	50	100	500	50
	Otras sustancias aromáticas	Trazas	20	20	10
	Acido bromhídrico	10	15	13	11
Madera de abeto	Monóxido de carbono	400 *	6000 **	12000 **	15000 **
	Sustancias aromáticas	-	-	-	300
Planchas aislantes de aglomerado de madera	Monóxido de carbono	14000 **	24000 **	59000 **	69000 **
	Sustancias aromáticas	Trazas	300	300	1000

*** ardiendo sin llama ** con llama - no detectado**
Notas: Condiciones de ensayo según DIN 53436; Indice de flujo de aire 100 1/h;Probetas de ensayo de 300 mm x 15 mm x 20 mm comparadas en condiciones normales de uso final.

Tabla 1.3.1 Componentes de los gases de combustión del EPS

Efectivamente en casos de incendio ocurre un desprendimiento de algunos gases tóxicos por parte del EPS pero este solo representa un 2% del volumen total de los materiales debido a su baja densidad. En comparación con otros materiales comunes de construcción (madera y derivados entre otros) y objetos implícitos en una vivienda como lo son los muebles, cortinas y alfombras, su aporte de gases tóxicos es bajo.

---

[8] *Tomado del folleto "Comportamiento del EPS en caso de incendio" EUMEPS, Representante de Fabricantes Europeos de Poliestireno Expandido (EPS). Junio 2004, (página 3).*

1.4 Transferencia Acústica

En edificaciones la acústica es la creación de ambientes de confort y también de los medios para controlar los ruidos. Un sonido que para una persona puede ser no molesto para otra puede ser demasiado fuerte. El ruido es un sonido indeseable; la música que disfruta un aficionado puede considerarse como ruido para un vecino que está tratando de dormir.

Los sonidos vienen caracterizados por el tono o frecuencia, intensidad o fuerza, y distribución espectral de energía o calidad, una persona promedio puede escuchar de 20 a 20.000 cps (ciclos o vibraciones por segundo). Los sonidos de alta frecuencia o de tono alto molestan más a la mayoría de las personas que los de tono bajo de la misma intensidad; sin embargo, los sonidos de tono alto se atenúan más rápidamente en el aire que los de tono bajo. La intensidad es una evaluación subjetiva de la presión del sonido o su nivel. Debido a que la respuesta humana a la fuerza del sonido varía con la frecuencia, cualquier medida de fuerza debe incluir la frecuencia así como la presión o la intensidad para que pueda ser importante en la acústica de las construcciones. Además, los cambios en la respuesta humana a la fuerza dependen de la relación de las intensidades del sonido. En la acústica, la relación 10:1 se llama Bel. En la práctica, la unidad que se utiliza es el decibel (dB), que es igual a 0.1 Bel.

El diseño y análisis de la acústica tienen por objeto controlar el sonido y la vibración. El control del sonido se logra mediante barreras o confinamientos, utilización de materiales aislantes o acústicamente absorbentes y otros fabricados y armados en forma adecuada.

La manera en que pasa el sonido a través de una barrera, determina la eficacia ésta para detenerlo mediante la pérdida de transmisión de sonido (PTS), o sea la pérdida de nivel de energía. Cuanto mayor sea la masa de la barrera mayor la pérdida de transmisión de sonido, y por tanto, es más eficaz la barrera. Sin embargo, la relación entre la masa y pérdida de transmisión no es lineal. En bajas frecuencias las pérdidas tienden a ser más grandes; en otras frecuencias, menores que las que indicarían una relación línea.

En la siguiente tabla se enumeran el comportamiento de varios materiales de construcción en la pérdida de transmisión de sonido según Normas ASTM E90 Y E413:

MATERIAL	PTS
Vidrio plano de ¼"	26
Triplay de ¾"	28
Tablarroca (tabla de yeso) de ½" ambas caras de montantes de 2x4	33
Placa de acero de ¼"	36
Muro de bloque de concreto de 6"	36
Muro de bloque de concreto reforzado de 8"	42
Muro de bloque de concreto de 12"	51
Muro compuesto, concreto proyectado de 2" y EPS de 4"	64

Tabla 1.4.1 Pérdida de Transmisión de sonido para algunos materiales de construcción

1.5 Empresas analizadas

El uso de EPS en la construcción se viene desarrollando en nuestro país hace poco más de 3 décadas, encontrándose varios sistemas que se diferencian entre sí en cuanto a técnicas de construcción y armado de las edificaciones, pero solamente tomamos tres de ellas por su experiencia en el mercado.

En la Construcción Civil Venezolana se utiliza el EPS como parte de los materiales que conforman las paredes de una edificación, se dispone de tal manera que no quede expuesto a la intemperie. Básicamente su uso es de mampostería y encofrado perdido en losas, la aislación acústica y térmica de estos elementos vienen incluidas con el uso del material.

Para el diseño de una edificación, el EPS no juega un papel estructural pero si aporta poco peso debido a su baja densidad.

La siguiente información fue recopilada a través de entrevistas que se realizaron a cada empresa, las cuales son las siguientes:

1.5.1 Sistema Constructivo ISOTEX CA

1) Concepto y detalles del sistema constructivo

Esta empresa fabrica una serie de productos a base de EPS utilizados en la ejecución de obras civiles dependiendo del requerimiento y uso de la obra, siendo los más comunes los siguientes:

a) *Sistema PROFORM:*

Sistema constructivo prefabricado con poliestireno expandido (EPS), marca ISOTEX, de alta densidad.

El sistema consiste en un bloque hueco tipo "Lego", utilizado para el ensamblaje de paredes, el cual es vaciado en su interior con concreto una vez armado y frisado posteriormente; en otras palabras, es un muro armado.

- ***Características Técnicas:***
  - *a) Dimensiones:* 1.20 m de largo, 0.30 m de alto, 15 ó 20 cm. Ancho.
  - *b) Material:* Poliestireno Expandido Autoextiguible de alta densidad (EPS) 15kg/m^3
  - *b) Área que cubre:* 0.36 m^2 Por unidad
  - *c) Espesor interno:* De 7 y 10 cm. Vaciado internamente y reforzado con cabillas estriadas Φ3/8"@ 80cm en posición vertical y amarres horizontales con cabilla Φ3/8"@ 60cm.
  - *d) Cantidad de concreto:* 0.060 m^3/m^2 p/15cm, 0.085 m^3/m^2 p/20cm, 0.04 m^3/m^2 p/friso.
  - *e) Espesor del friso:* 3.5cm aprox.

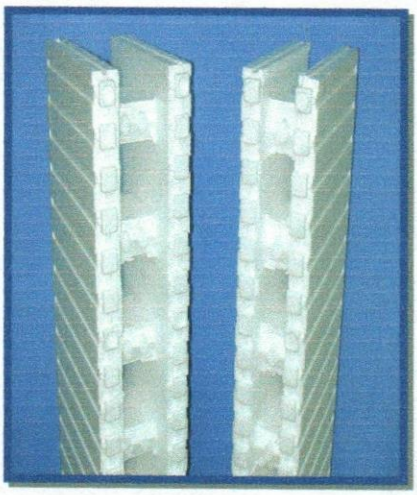

Figura 1.5.1.1 Bloque PROFORM

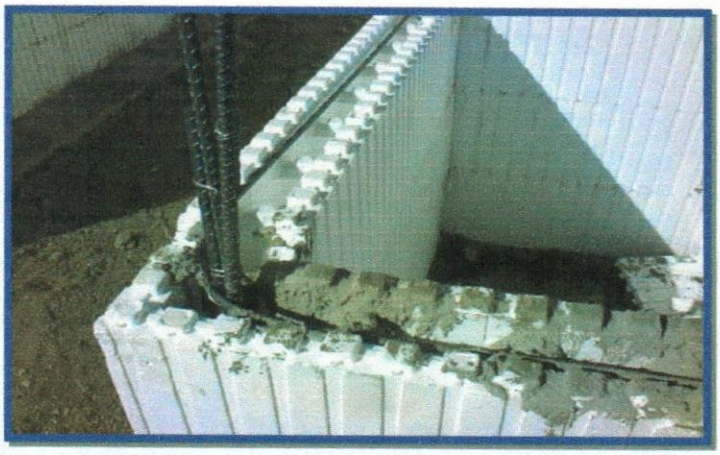

Figura 1.5.1.2 Detalle de vaciado de concreto y disposición de Cabillas.

b) Sistema para techo y entrepiso TERMOLOSA C:

Figura 1.5.1.3 CONDUVEN ECO T-100

Este sistema para entrepisos es un encofrado perdido para losas.

El sistema consiste en paneles de poliestireno expandido de alta densidad que encajan entre sí con un sistema tipo machihembrado de encaje longitudinal y un corte de nervio central de refuerzo. Por general usan un perfil (ECO T-100) especialmente diseñado para este tipo de losa el cual lo produce CONDUVEN CA. En el espacio destinado al Nervio Central se ubica el refuerzo de acero, siendo el ancho del patín variable para adaptarse el diseño estructural.

Figura 1.5.1.4 Armado de la Termolosa C con el perfil ECO T-100 como nervio central

Figura 1.5.1.5 Vaciado de concreto con Fibermesh en la Termolosa C

- ***Características Técnicas:***

Dimensiones: Ancho Útil: 0.5 m, altura variable entre 16.5 cm., 20 y 25 cm.

Longitudes Estándares: 2.5 ml y 5 ml.

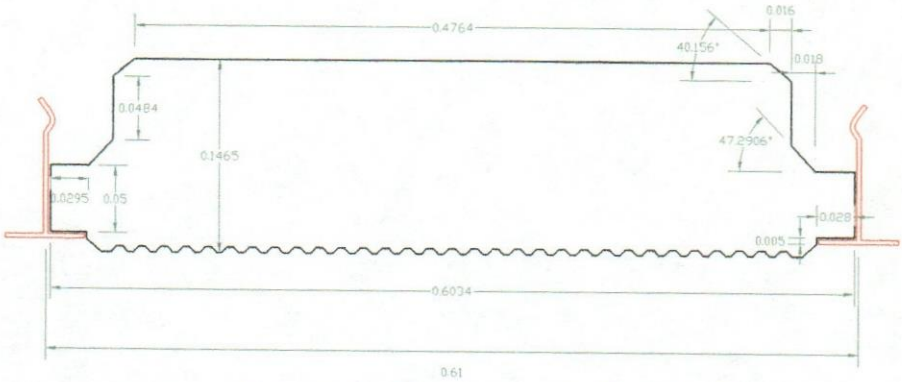

Figura 1.5.1.6 Dimensiones de la Termolosa C.

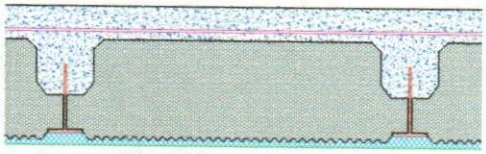

Figura 1.5.1.7 Detalle de la Termolosa C

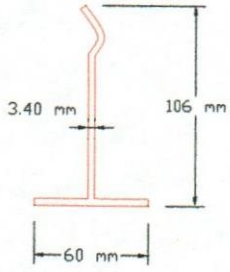

Figura 1.5.1.8 Detalle del Perfil ECO T-100

1.5.2 Sistema Constructivo ITAMCA

1) Concepto y detalles del sistema constructivo

Su técnica constructiva consiste en el uso de paneles o láminas de poliestireno expandido auto extinguible, de diversos espesores que sustituyen los bloques de arcilla o de concreto, unidos con rigidizadores metálicos (sustituyendo la estructura tradicional) y friso.

Los paneles ITAMCA son de hecho paneles estructurales tipo sándwich, actuando análogamente como una viga doble T, donde las caras de friso actúan como las alas y la lámina de EPS como el alma de la viga.

En el edificio tipo, debido a que posee más de un nivel, se diseñará la estructura metálica de acuerdo a las solicitaciones, según norma Venezolana Covenin-Mindur 2002-88

Diferencias en pesos entre el panel ITAMCA y paredes tradicionales:

- 1 m2 de panel ITAMCA pesa 1.20 kg.
- **1 m2 de pared de bloques rojos pesa 120 kg.**
- 1 m2 de pared de bloques de concreto pesa 150 Kg.

DIMENSIONES	ADAPTABILIDAD COMPLETA
Espesores	De 10, 12, 15 y 20 cms y más
Peso	61.10 kg/m2 para paredes de 15 cms de espesor, con friso
Interior	Lámina EPS autoextinguible de 10 cms de espesor mínimo.
Superior	Mortero de concreto con fibra de polipropileno.
Acabado	Friso liso (mezclilla), rústico, cerámica, etc.
Uniones	Con rigidizadores estructurales en acero comercial
Resistencia	1.100 kg./ml
Peso del Sistema	195,00 kg/m2 de construcción total.

Tabla 1.5.2.1.: Características del panel ITAMCA

2) *Antecedentes*

Una de las construcciones con este sistema se hizo en el año 1992 en la Isla de la Orchila, **por donde pasó el Huracán Brett e Iván y cerca del campo de tiro misilístico de la Armada** Venezolana, sin consecuencias en la construcción, lo que demuestra el buen comportamiento **del sistema a los fuertes vientos y vibraciones.**

En cuanto a los requerimientos arquitectónicos y estructurales la empresa no tiene **limitaciones, de forma o espacios, y se adaptan a cualquier diseño. Los paneles ITAMCA** pueden usarse tanto en paredes, entrepisos y cubiertas de techos con mortero, **impermeabilización, tejas o con cualquier material tradicional que se proponga.**

En cuanto a los servicios de aguas blancas, aguas negras, electricidad, gas, etc., van **empotradas a la pared y pisos.**

Para la losa de entrepiso y techo se arman con EPS de alta densidad y perfiles de acero como **nervios, similar al sistema de TERMOLOSA C de ISOTEX.**

1.5.3 Sistema Constructivo SIDEPANEL (SIDETUR)

1) Concepto y detalles del sistema constructivo:

El sistema constructivo SIDEPANEL, consiste en la utilización de paneles autoportantes de alta resistencia para la construcción de todo tipo de viviendas y diversidad de edificios destinados a cualquier uso. Los paneles están formados por dos caras de malla de acero electrosoldada, entre las cuales se coloca una placa de poliestireno expandido de alta densidad. Ambas caras se conectan con alambres tensores galvanizados, que están electrosoldados a las mallas y traspasan la placa de poliestireno expandido para luego proyectar concreto de 180 Kg./cm^2.

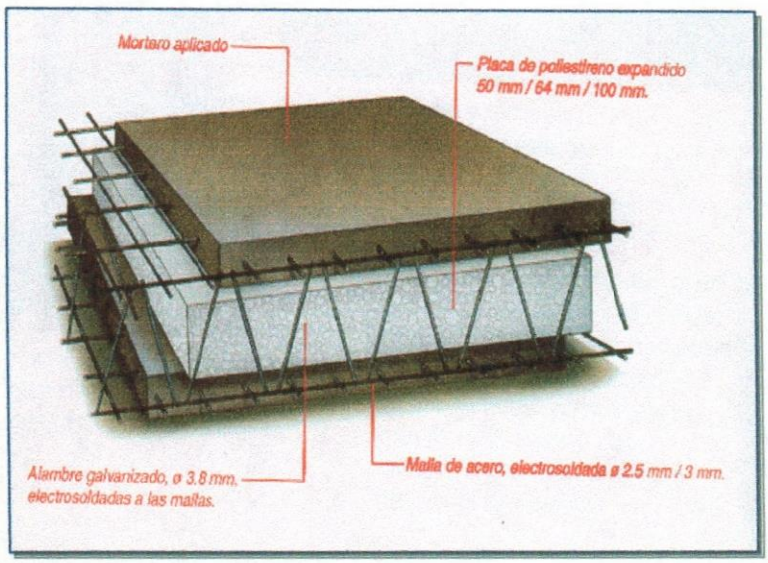

Figura 1.5.3.1 Detalles del ISOPANEL

La importancia de esto es que los alambres tensores cumplen las funciones de transferir las cargas hacia las caras exteriores, obteniendo así una estructura tridimensional, que permite una alta resistencia y rigidez. Este sistema hace una analogía a los sistemas tipo túnel, el mismo panel se usa como losa de techo y entrepiso. La luz máxima entre paredes no puede ser mayor de 4 metros, y admite un máximo de cuatro pisos para la construcción de edificios.

A continuación se muestran los detalles constructivos de uso común en las construcciones con SIDEPANEL, mediante los cuales se asegura la conexión entre las partes que conforman la estructura:

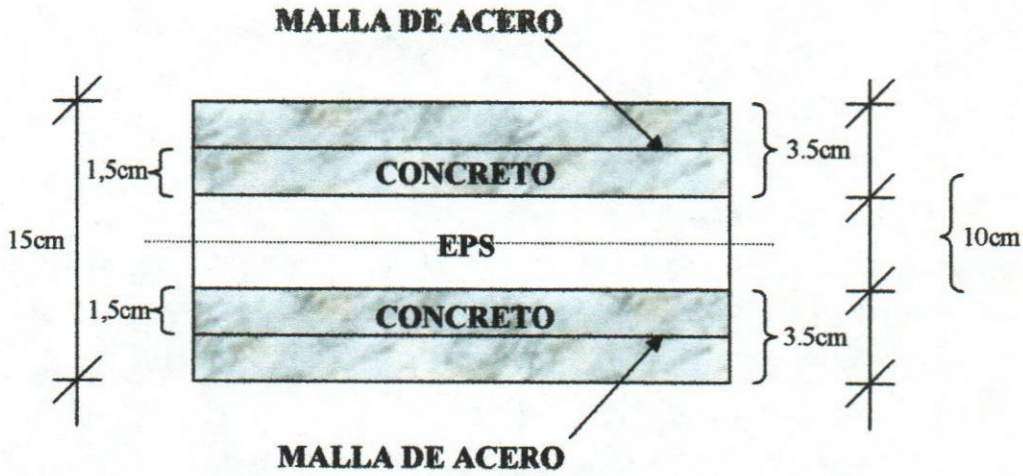

Figura 1.5.3.2 Sección del ISOPANEL

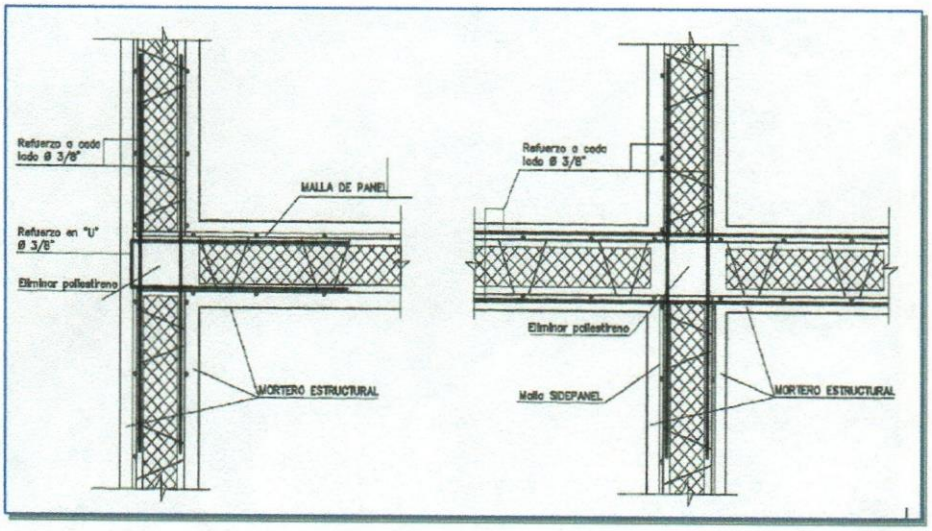

Figura 1.5.3.3 Detalles de intersección de entrepiso y muros

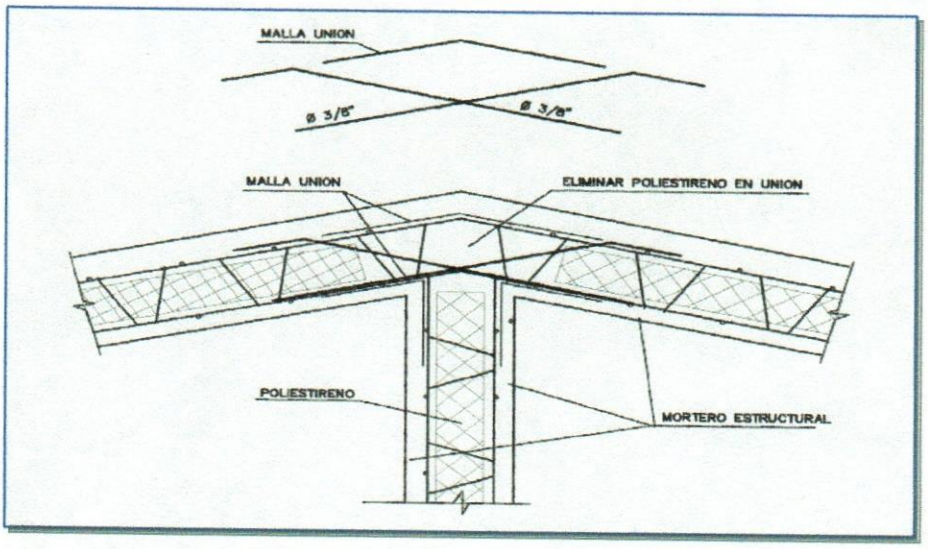

Figura 1.5.3.4 Detalles de unión en losa de techo

2) Antecedente

- En nuestro país se han realizado ensayos para verificar el comportamiento estructural de SIDEPANEL, dichos ensayos se realizaron en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, para tal efecto, se establecieron comparaciones entre el comportamiento de muros de SIDEPANEL y de muros convencionales sometidos a cargas laterales alternantes. Los resultados preliminares de estos ensayos demuestran que los muros de SIDEPANEL tienen propiedades sismorresistentes similares a las de los muros convencionales de concreto armado.

En relación a los diversos ensayos a los que ha sido sometido el sistema a nivel mundial, con respecto a su comportamiento sismorresistente, se destacan las siguientes experiencias:

a) Universidad de Tongji - Ensayo en mesa vibratoria: Se construyó un modelo a escala 1/6 de un edificio de seis niveles, los paneles se fabricaron a mano, con malla electrosoldada y cerchas para simular los conectores diagonales. Las placas se prefabricaron y se izaron sobre los muros, dejando algunas esquinas de continuidad; para simular las cargas se colocaron pesas repartidas en la placa. El modelo se

ensayó para diversos sismos de diseño chino y se obtuvieron resultados satisfactorios para los sismos de niveles 7 y 8, y parcialmente aceptable para el grado máximo 9, debido a la falla de las conexiones muro – placa. Este modelo no muestra el grado de interconexión que se logra entre los elementos con el sistema constructivo SIDEPANEL, razón por la cuál se desarrolló una investigación más amplia para estudiar el comportamiento de los muros, sometiéndoles a carga vertical mediante gatos hidráulicos y a carga horizontal en el extremo superior mediante un actuador. Los muros se comportaron adecuadamente y en base a los resultados obtenidos, se recomendó no espaciar demasiado los anclajes a la cimentación y dar rugosidad al plano de conexión entre los muros y la losa de fundación.

b) Universidad de Los Andes - Ensayo seudo – estático: Con el objeto de establecer comparaciones entre el comportamiento de un muro de paneles y un muro convencional con el mismo espesor, se diseñó un modelo de 1,00 m de ancho y 2,00 m de altura, con espesor total de 15.00 cm.; la carga se aplicó en el extremo superior mediante un actuador que reaccionaba en un marco de carga, no se aplicó carga vertical. El mecanismo de falla previsto para la relación de esbeltez del muro h/b, era de flexión pura; lo cual se demostró al superar en aproximadamente 20 %, los valores previstos para el inicio de la falla y para la carga de falla final. La falla final ocurrió por pandeo lateral, al quedar sin soporte lateral una de las barras extremas, solamente se colocó una malla U típica del sistema como confinamiento lateral.

c) Otra experiencia sobre el comportamiento sismorresistente del sistema se obtuvo en el Desierto de Mojave en California, en enero de 1992 se construyeron allí cuatro edificaciones de paneles de más de 7 m de altura , en junio de ese mismo año, se registraron dos movimientos sísmicos con intensidad de 6.5 y 6.9 en la escala de Richter, y las edificaciones no mostraron señales de daño alguno, a pesar de tener grandes ventanales. Se realizó un análisis estructural y los resultados fueron que no hubo señales de ninguna grieta o daños en la Estructura ni en las fundaciones.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la realización de esta investigación se estudiaron las técnicas de construcción y armado de tres (3) empresas, se diseño una misma vivienda tipo con cada técnica en particular, sometiendo el diseño a la acción del viento, sismo cargas verticales y un posterior análisis de costos y ahorro energético; para luego comparar estos con los análisis provenientes de la misma vivienda según el método tradicional.

Las empresas que han sido tomadas como muestras para la elaboración del trabajo son:

- ITAMCA
- ISOTEX
- SIDEPANEL (Sidetur)

2.1 Especificaciones Generales

Las especificaciones generales que deben presentar los diseños, basadas en los criterios más desfavorables, se presentan a continuación:

1) ***Lugar Geográfico Venezolano***:
   - Valles del Tuy, Estado Miranda.
2) ***Parámetros:***
   - Zona sísmica 5
   - Coeficiente aceleración vertical, Ao = 0.30
   - Edificación grupo B2
   - Factor de importancia: 1.00
   - Nivel de diseño: ND 3
   - Estructura Regular
   - Perfil de suelo: S2
   - Ubicación: Valles del Tuy, Edo. Miranda
   - Velocidad del Viento 96 Km/hr

2.2 Instrumentos

1) Los análisis de resistencia de las estructuras diseñadas se realizaron utilizando como base el software ETABS v8.1.3 Nonlinear con el cual se verificaron las estructuras prediseñadas:

   El Software *ETABS v8.1.3 Nonlinear* es un programa versátil que diseña una estructura mediante una interfase gráfica definida por el usuario. El modelo puede incluir características que representan la estructura real:

   - Las propiedades de los Materiales.
   - Elementos de estructura que representan vigas, columnas y/o miembros de cercha.
   - Elementos Shell que representan paredes, losas, y otros miembros de paredes delgadas.
   - Nodos que representan conexiones de elementos.
   - Los vínculos y resortes que apoyan a los nodos.
   - Cargas que incluso incluyen el peso propio, cargas térmicas, sísmicas, eólicas, y otros.
   - Después de que el programa analiza la estructura el modelo también incluye desplazamientos, tensiones y reacciones debido a las cargas.
   - La interfase gráfica del usuario le proporciona muchas características para crear el modelo. Incluso se puede empezar con un modelo preliminar y luego se puede ajustar al modelo original.

A continuación se presenta un organigrama para facilitar la comprensión del funcionamiento de este Modelo Matemático:

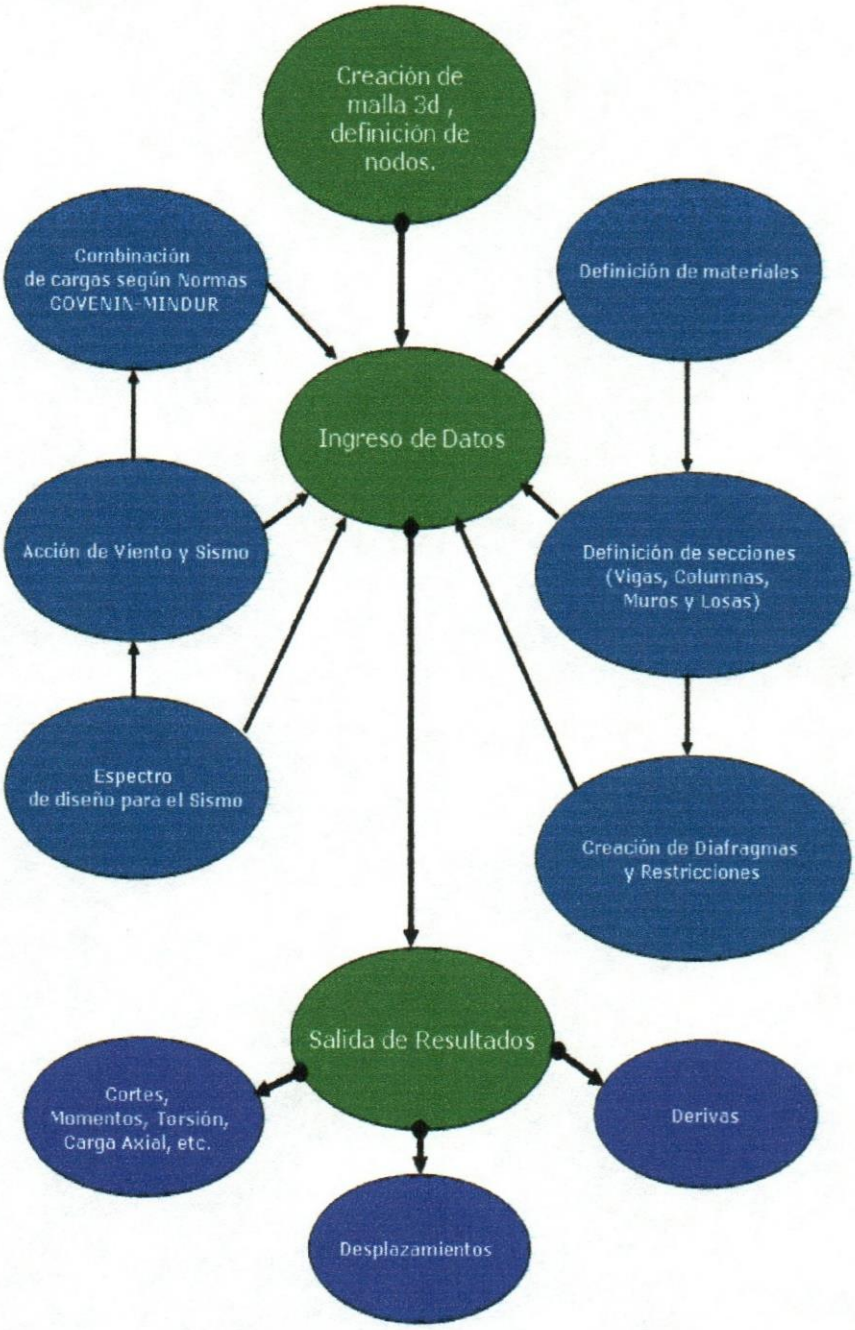

Figura 2.2.1 Organigrama explicativo de entrada y salida de datos del ETABS V8.1.3

2) Así mismo se utilizó las Normas Venezolana COVENIN-MINDUR 1753-02, 1756-98, 2002-88, 2003-86 para prediseñar la estructura y verificar los resultados obtenidos en el ETABS V8.1.3.
3) Los diseños de cada estructura, a base de EPS, se realizaron según los métodos y técnicas constructivas adoptados por cada una de las empresas constructoras y para el caso del Sistema Tradicional se utilizaron las Técnicas y Métodos aprendidos a lo largo de la carrera y los Normalizados por COVENIN-MINDUR.
4) El análisis de costos se hizo según los cómputos métricos obtenidos luego de prediseñar y verificar las estructuras en el Modelo Matemático, según los precios de materiales de construcción obtenidos del Colegio de Ingenieros del mes de Junio de 2004.
5) El tiempo de ejecución de las obras se estimó con la colaboración de ingenieros civiles peritos en materia de construcción de edificaciones y para el cálculo de mano de obra en base a los precios obtenidos del Colegio de Ingenieros del mes de Junio de 2004.
6) Los cálculos de transferencia de calor de los distintos sistemas de construcción se hicieron según el ASHRAE Handbook (the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.), Año 1995, el cual contiene información necesaria para realizar este tipo de operación.

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Cálculo Estructural

3.1.1 Sistema tradicional.

1) Prediseño de la estructura

Los cálculos muestran las dimensiones preliminares para las vigas y columnas, así como la cantidad de acero requerido en estos elementos[9].

3.1.2 Sistema ISOTEX

Los cálculos de desplazabilidad lateral y deriva para el Sistema ISOTEX se verificaron según la Norma COVENIN-MINDUR 1756-98 obteniéndose todos los valores menores que el máximo permitido por dicha Norma. [10].

3.1.3 Sistema ITAMCA

Los cálculos de desplazabilidad lateral y deriva para el Sistema ITAMCA se realizaron según la Norma COVENIN-MINDUR 1756-98 obteniéndose todos los valores menores que el máximo permitido por dicha Norma. [11].

3.2 Calculo de Fundaciones

Aquí se calculan las cargas aplicadas y se detallan unas tablas con la geometría, así como las cantidades de concreto y de acero requeridos para la fundación de cada sistema. [12]

---

[9] *Ver ANEXO A*
[10] *Ver ANEXO A*
[11] *Ver ANEXO A*

3.3 Entrada y salida de datos del Modelo Matemático

Para el Análisis por flexión, deriva y desplazamiento de cada sistema, se hizo mediante el modelo matemático Etabs V-8.13; la deflexión se verificó en las vigas más desfavorables y en los puntos medios de cada viga. [13]

Así mismo, los valores de corte y momento en cada elemento estructural fueron obtenidos del modelo matemático. Debido a la gran cantidad de tablas generadas por el programa solo se anexan las más representativas en cada sistema, para un pórtico en cada dirección.[14]

3.4 Cálculo energético

El cálculo energético se acechón un estudio de transferencia de calor de las paredes y losas de cada sistema de construcción. [15]

[12] *Ver ANEXO B*
[13] *Ver ANEXO C*
[14] *Ver ANEXO C*
[15] *Ver ANEXO D*

3.5 Materiales (concreto y acero) y costos en obra

A continuación se detallan los costos de los materiales usados para el diseño del edificio con cada sistema de construcción. Los costos están dados en Bolívares y en Dólares.[16]

3.5.1 Sistema Tradicional

MATERIAL	ELEMENTO/PIEZA		COSTO UNITARIO (Bs.Junidad)	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO TOTAL Bolívares (Bs.)	COSTO TOTAL Dólares($)
VOLUMEN CONCRETO (210 Kgf/cm^2)		ESTRUCTURA	269900.00	106.11	m^3	Bs 28,639,089.00	$14,916.19
		INFRAESTRUCTURA	269900.00	45.00	m^2	Bs 12,145,500.00	$6,325.78
				Sub total Concreto		***Bs 40,784,589.00***	***$21,241.97***
ACERO	ESTRUCTURA	IPN 120	1585.00	2489.93	kgf	Bs 3,946,535.40	$2,055.49
		IPN 140	1585.00	6405.44	kgf	Bs 10,152,629.69	$5,287.83
		MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	616.50	m^2	Bs 2,120,760.00	$1,104.56
		CABILLA ϕ (pulg)					
		3/8	1415.00	4601.70	kgf	Bs 6,511,405.50	$3,391.36
		1/2	1300.00	3339.00	kgf	Bs 4,340,700.00	$2,260.78
		5/8	1535.00	1699.14	kgf	Bs 2,608,185.43	$1,358.43
		3/4	1485.00	626.36	kgf	Bs 930,144.60	$484.45
		7/8	1305.00	6434.67	kgf	Bs 8,397,248.79	$4,373.57
	INFRAESTRUCTURA	3/8	1415.00	335.00	kgf	Bs 474,025.00	$246.89
		5/8	1535.00	1245.00	kgf	Bs 1,911,075.00	$995.35
		MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	205.50	m^2	Bs 706,920.00	$368.19
				Sub total Acero		***Bs 42,099,629.41***	***$21,926.89***
BLOQUE TABELON ARCILLA 8x20x80			880.00	7176.00	pieza	Bs 6,314,880.00	$3,289.00
CERÁMICA			14300.00	616.26	m^2	Bs 8,812,518.00	$4,589.85
FRISO FINO			2964.02	1135.44	m^2	Bs 3,365,462.33	$1,752.84
MANTO ASFÁLTICO			6445.00	205.42	m^2	Bs 1,323,931.90	$689.55
TABIQUERÍA EXTERNA (bloque 15 cm.)			7250.00	613.37	m^2	Bs 4,446,932.50	$2,316.11
TABIQUERÍA INTERNA (bloque 10 cm.)			6000.00	522.07	m^2	Bs 3,132,420.00	$1,631.47
				Sub total Tabiquería, Friso y Acabado		***Bs 27,396,144.73***	***$14,268.83***
				Costo Total de la edificación		**Bs 110,280,363.14**	**$57,437.69**

Tabla 3.5.1.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema Tradicional

[16] *Dólar oficial de Bs.1920 por dólar para el mes de Agosto de 2004. A modo de referencia para futuras consultas del presente trabajo.*

3.5.2 Sistema ISOTEX

MATERIAL	ELEMENTO/PIEZA		COSTO UNITARIO (Bs./unidad)	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO TOTAL Bolívares (Bs.)	COSTO TOTAL Dólares($)
VOLUMEN CONCRETO (210 Kgf/cm^2)	ESTRUCTURA		269,900.00	120.54	m^3	Bs 32,533,746.00	$16,944.66
	INFRAESTRUCTURA		269,900.00	32.34	m^3	Bs 8,728,566.00	$4,546.13
				Sub total Concreto		**Bs 41,262,312.00**	***$21,490.79***
ACERO	ESTRUCTURA	Cabilla ϕ3/8"	1,415.00	1733.00	kgf	Bs 2,452,195.00	$1,277.18
		Conduven ECO T-100	10,464.00	1019.20	ml	Bs 10,664,908.80	$5,554.64
		MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	616.50	m^2	Bs 2,120,760.00	$1,104.56
	INFRAESTRUCTURA	MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	154.13	m^2	Bs 530,190.00	$276.14
		Cabilla ϕ3/8"	1,415.00	328.00	kgf	Bs 464,120.00	$241.73
				Sub total Acero		**Bs 16,232,173.80**	**$8,454.26**
TERMOLOSA C			9,653	205.4	m^2	Bs 1,982,919.26	$1,032.77
CERÁMICA			14,300.00	616.26	m^2	Bs 8,812,518.00	$4,589.85
FRISO FINO			2,964.02	1135.44	m^2	Bs 3,365,462.33	$1,752.84
MANTO ASFÁLTICO			6,445.00	205.42	m^2	Bs 1,323,931.90	$689.55
TABAQUERÍA EXTERNA (bloque 15 cm)			21,866.67	613.37	m^2	Bs 13,412,357.33	$6,985.60
TABAQUERÍA INTERNA (bloque 10 cm)			18,240.00	522.07	m^2	Bs 9,522,556.80	$4,959.67
			Sub total tabaquería, Friso y Acabado			**Bs 38,419,745.62**	***$20,010.28***
			Costo Total de la Edificación			**Bs 95,914,231.42**	**$49,955.33**

Tabla 3.5.2.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema ISOTEX

3.5.3 Sistema SIDEPANEL

MATERIAL	ELEMENTO/PIEZA		COSTO UNITARIO (Bs./unidad)	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO TOTAL Bolívares (Bs.)	COSTO TOTAL Dólares($)
VOLUMEN CONCRETO (210 Kgf/cm^2)	ESTRUCTURA		269,900.00	116.70	m^3	Bs 31,497,330.00	$16,404.86
	INFRAESTRUCTURA		269,900.00	29.74	m^3	Bs 8,026,826.00	$4,180.64
				Sub total Concreto		***Bs 39,524,156.00***	***$20,585.50***
ACERO	ESTRUCTURA	ϕ (pulg)					
		3/8	1,415.00	613.02	kgf	Bs 867,423.30	$451.78
	INFRAESTRUCTURA	3/8	1,415.00	198.40	kgf	Bs 280,736.00	$146.22
		MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	205.42	m^2	Bs 706,644.80	$368.04
				Sub Total Acero		***Bs 1,854,804.10***	***$966.04***
LOSA ENTREPISO (SIDEPANEL)			12,420.00	616.26	m^2	Bs 7,653,949.20	$3,986.43
CERÁMICA			14,300.00	600.00	m^2	Bs 8,580,000.00	$4,468.75
FRISO FINO			2,964.02	1135.44	m^2	Bs 3,365,462.33	$1,752.84
MANTO ASFÁLTICO			6,445.00	205.42	m^2	Bs 1,323,931.90	$689.55
TABIQUERÍA EXTERNA (SIDEPANEL)			12,420.00	613.37	m^2	Bs 7,618,055.40	$3,967.74
TABIQUERÍA INTERNA (SIDEPANEL)			12,420.00	522.07	m^2	Bs 6,484,109.40	$3,377.14
			Sub total Tabiquería, friso y Acabado			***Bs 35,025,508.23***	***$18,242.45***
			Costo Total de la Edificación			**Bs 76,404,468.33**	**$39,793.99**

Tabla 3.5.3.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema SIDEPANEL

3.5.4 Sistema ITAMCA

MATERIAL	ELEMENTO/PIEZA		COSTO UNITARIO (Bs./unidad)	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO TOTAL Bolívares (Bs.)	COSTO TOTAL Dólares($)
VOLUMEN CONCRETO (210 Kgf/cm^2)	ESTRUCTURA		269,900.00	116.70	m^3	Bs 31,497,330.00	$16,404.86
	INFRAESTRUCTURA		269,900.00	29.74	m^3	Bs 8,026,826.00	$4,180.64
				Sub total Concreto		***Bs 39,524,156.00***	***$20,585.50***
ACERO	ESTRUCTURA	ϕ (pulg)					
		3/8	1,415.00	613.02	kgf	Bs 867,423.30	$451.78
	INFRAESTRUCTURA	3/8	1,415.00	198.40	kgf	Bs 280,736.00	$146.22
		MALLA ELECTROSOLDADA 4"X4"	3440.00	205.42	m^2	Bs 706,644.80	$368.04
				Sub Total Acero		***Bs 1,854,804.10***	***$966.04***
LOSA ENTREPISO (SIDEPANEL)			12,420.00	616.26	m^2	Bs 7,653,949.20	$3,986.43
CERÁMICA			14,300.00	600.00	m^2	Bs 8,580,000.00	$4,468.75
FRISO FINO			2,964.02	1135.44	m^2	Bs 3,365,462.33	$1,752.84
MANTO ASFÁLTICO			6,445.00	205.42	m^2	Bs 1,323,931.90	$689.55
TABIQUERÍA EXTERNA (SIDEPANEL)			12,420.00	613.37	m^2	Bs 7,618,055.40	$3,967.74
TABIQUERÍA INTERNA (SIDEPANEL)			12,420.00	522.07	m^2	Bs 6,484,109.40	$3,377.14
				Sub total Tabiquería, friso y Acabado		***Bs 35,025,508.23***	***$18,242.45***
				Costo Total de la Edificación		**Bs 76,404,468.33**	**$39,793.99**

Tabla 3.5.4.1: Costos de Materiales de Construcción Sistema ITAMCA

3.6 Tiempo de Ejecución y Costos de Mano de Obra

Al igual que en el apartado anterior los costos son dados en Bolívares y Dólares:

3.6.1 Sistema Tradicional

INFRAESTRUCTURA ACTIVIDADES							
1. Excavación de Fundaciones:							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Obrero	1 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*1,100,000.00*	*$572.92*
2. Colocación de Cabillas, Encofrado y Vaciado de Concreto (Zapata, Pedestal y Viga de Riostra):							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Carpintero	1 Semana	2	Bs	1,600,000.00	Bs	800,000.00	$416.67
Cabillero	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Obrero	1 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*2,700,000.00*	*$1,406.25*
3.Vaciado de Losa de Piso (Incluye instalaciones):							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Plomero	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Electricista	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Técnico A/A	1 Semana	1	Bs	1,800,000.00	Bs	450,000.00	$234.38
Obrero	1 Semana	6	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*3,950,000.00*	*$2,057.29*
				TOTAL	**Bs**	**7,750,000.00**	**$4,036.46**
ESTRUCTURA SISTEMA TRADICIONAL ACTIVIDADES							
1. Vaciado de Columnas							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Carpintero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*6,900,000.00*	*$3,593.75*
2. Vaciado de Vigas							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Carpintero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*6,900,000.00*	*$3,593.75*
3. Levantamiento de Paredes							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*4,500,000.00*	*$2,343.75*
4. Vaciado de Losa de Entrepiso y Losa Techo (Incluye instalaciones).							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Soldador	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Plomero	3 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Electricista	3 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	6	Bs	1,200,000.00	Bs	5,400,000.00	$2,812.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*12,900,000.00*	*$6,718.75*
				TOTAL	**Bs**	**31,200,000.00**	**$16,250.00**
				COSTO TOTAL DE EDIFICACIÓN	***Bs***	***38,950,000.00***	***$ 20,286.46***

Tabla 3.6.1.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra Sistema Tradicional

3.6.2 Sistema ISOTEX

INFRAESTRUCTURA ACTIVIDADES							
1. Excavación de Fundaciones:							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Obrero	1 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*1,100,000.00*	*$572.92*
2. Colocación de Cabillas, Encofrado y Vaciado de Concreto (Zapata, Pedestal y Viga de Riostra):							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Carpitero	1 Semana	2	Bs	1,600,000.00	Bs	800,000.00	$416.67
Cabillero	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Obrero	1 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*2,700,000.00*	*$1,406.25*
3.Vaciado de Losa de Piso (Incluye instalaciones):							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs	2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Plomero	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Electricista	1 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Tecnico A/A	1 Semana	1	Bs	1,800,000.00	Bs	450,000.00	$234.38
Obrero	1 Semana	6	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*3,950,000.00*	*$2,057.29*
				TOTAL	**Bs**	**7,750,000.00**	**$4,036.46**
ESTRUCTURA ACTIVIDADES							
1. Levantamiento de Vigas y Columnas							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCION**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 1/2 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	750,000.00	$390.63
Soldador	1 1/2 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
Obrero	1 1/2 Semanas	1	Bs	1,200,000.00	Bs	450,000.00	$234.38
				SUB-TOTAL	*Bs*	*1,800,000.00*	*$937.50*
2. Levantamiento de Muros Portantes							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Soldador	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Albañil	3 Semanas	3	Bs	1,600,000.00	Bs	3,600,000.00	$1,875.00
Obrero	3 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
				SUB-TOTAL	*Bs*	*9,300,000.00*	*$4,843.75*
4. Friso de Paredes							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCION**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	*$781.25*
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Obrero	3 Semana	2	Bs	1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	*$937.50*
				SUB-TOTAL		*4500000*	*$2,343.75*
5. Levantamiento de Losa de Entrepiso y Losa Techo (Incluye instalaciones).							
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**		**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs	2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	*$781.25*
Albañil	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Cabillero	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Soldador	3 Semanas	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Plomero	3 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Electricista	3 Semana	1	Bs	1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Obrero	3 Semana	6	Bs	1,200,000.00	Bs	5,400,000.00	*$2,812.50*
				SUB-TOTAL	Bs	12,900,000.00	*$6,718.75*
				TOTAL	***Bs***	***28,500,000.00***	***$14,843.75***
				COSTO TOTAL DE EDIFICACIÓN	***Bs***	***36,250,000.00***	***$18,880.21***

Tabla 3.6.2.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra ISOTEX

3.6.3 Sistema SIDEPANEL

INFRAESTRUCTURA ACTIVIDADES					
1. Excavación de Fundaciones:					
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**	**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs 500,000.00	$260.42
Obrero	1 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs 600,000.00	$312.50
			SUB-TOTAL	*Bs 1,100,000.00*	*$572.92*
2. Colocación de Cabillas, Encofrado y Vaciado de Concreto (Zapata, Pedestal y Viga de Riostra):					
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**	**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs 500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 400,000.00	$208.33
Carpintero	1 Semana	2	Bs 1,600,000.00	Bs 800,000.00	$416.67
Cabillero	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 400,000.00	$208.33
Obrero	1 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs 600,000.00	$312.50
			SUB-TOTAL	*Bs 2,700,000.00*	*$1,406.25*
3. Vaciado de Losa de Piso (Incluye instalaciones):					
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**	**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs 500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 400,000.00	$208.33
Plomero	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 400,000.00	$208.33
Electricista	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 400,000.00	$208.33
Técnico A/A	1 Semana	1	Bs 1,800,000.00	Bs 450,000.00	$234.38
Obrero	1 Semana	6	Bs 1,200,000.00	Bs 1,800,000.00	$937.50
			SUB-TOTAL	*Bs 3,950,000.00*	*$2,057.29*
			TOTAL	**Bs 7,750,000.00**	**$4,036.46**
ESTRUCTURA ACTIVIDADES					
1. Levantamiento de Muros Portantes					
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**	**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs 2,000,000.00	Bs 1,500,000.00	$781.25
Soldador	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Albañil	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs 1,800,000.00	$937.50
			SUB-TOTAL	*Bs 6,900,000.00*	*$3,593.75*
2. Levantamiento de Losa de Entrepiso y Losa Techo (Incluye instalaciones).					
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**	**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs 2,000,000.00	Bs 1,500,000.00	$781.25
Albañil	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Cabillero	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Soldador	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Plomero	3 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Electricista	3 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs 1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	6	Bs 1,200,000.00	Bs 5,400,000.00	$2,812.50
			SUB-TOTAL	*Bs 12,900,000.00*	*$6,718.75*
			TOTAL	**Bs 19,800,000.00**	**$10,312.50**
			COSTO TOTAL DE EDIFICACIÓN	***Bs 27,550,000.00***	***$ 14,348.96***

Tabla 3.6.3.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra SIDEPANEL

3.6.4 Sistema ITAMCA

INFRAESTRUCTURA ACTIVIDADES						
1. Excavación de Fundaciones:						
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Obrero	1 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
			SUB-TOTAL	*Bs*	*1,100,000.00*	*$572.92*
2. Colocación de Cabillas, Encofrado y Vaciado de Concreto (Zapata, Pedestal y Viga de Riostra):						
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Carpintero	1 Semana	2	Bs 1,600,000.00	Bs	800,000.00	$416.67
Cabillero	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Obrero	1 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
			SUB-TOTAL	*Bs*	*2,700,000.00*	*$1,406.25*
3. Vaciado de Losa de Piso (Incluye instalaciones):						
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 Semana	1	Bs 2,000,000.00	Bs	500,000.00	$260.42
Albañil	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Plomero	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Electricista	1 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	400,000.00	$208.33
Técnico A/A	1 Semana	1	Bs 1,800,000.00	Bs	450,000.00	$234.38
Obrero	1 Semana	6	Bs 1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
			SUB-TOTAL	*Bs*	*3,950,000.00*	*$2,057.29*
			TOTAL	**Bs**	**7,750,000.00**	**$4,036.46**
ESTRUCTURA ACTIVIDADES						
1. Levantamiento de Muros Portantes						
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	1 1/2 Semanas	1	Bs 2,000,000.00	Bs	750,000.00	$390.63
Soldador	1 1/2 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs	600,000.00	$312.50
Obrero	1 1/2 Semanas	1	Bs 1,200,000.00	Bs	450,000.00	$234.38
			SUB-TOTAL	*Bs*	*1,800,000.00*	*$937.50*
3. Friso de Paredes						
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs 2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	$781.25
Soldador	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	$625.00
Obrero	3 Semana	2	Bs 1,200,000.00	Bs	1,800,000.00	$937.50
			SUB-TOTAL	*Bs*	*4,500,000.00*	*$2,343.75*
4. Levantamiento de Losa de Entrepiso y Losa Techo (Incluye instalaciones).						$0.00
PERSONAL	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**	**Nº DE PERSONAL**	**COSTO MES**	**COSTO TOTAL (Bs)**		**COSTO TOTAL ($)**
Supervisor	3 Semanas	1	Bs 2,000,000.00	Bs	1,500,000.00	*$781.25*
Albañil	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Cabillero	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Soldador	3 Semanas	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Plomero	3 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Electricista	3 Semana	1	Bs 1,600,000.00	Bs	1,200,000.00	*$625.00*
Obrero	3 Semana	6	Bs 1,200,000.00	Bs	5,400,000.00	*$2,812.50*
			SUB-TOTAL	*Bs*	*12,900,000.00*	*$6,718.75*
			TOTAL	**Bs**	**14,700,000.00**	**$7,656.25**
			COSTO TOTAL DE EDIFICACIÓN	***Bs***	***22,450,000.00***	***$11,692.71***

Tabla 3.6.4.1: Tiempo de ejecución y costo de mano de obra ITAMCA

3.7 Tiempo de Ejecución de Obra

3.7.1 Sistema Tradicional

TIEMPO DE EJECUCIÓN:	
1. Excavación de Fundaciones:	
Actividad	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Excavación	1 Semanas
Colocación de cabillas	1 Semanas
Vaciado de losa de piso	1 Semanas
Tiempo total	**3 Semanas**
2. Estructura	
Actividad	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Vaciado de Columnas	3 Semanas
Vaciado de Vigas	3 Semanas
Levantamiento de Paredes	3 Semanas
Losa de Entrepiso y Techo	3 Semanas
Tiempo total	**7 Semanas***
Tiempo de ejecución total	**10 Semanas**
* Nota:	
Dado que las actividades aquí señaladas son independientes y consecutivas unas de otras, el tiempo de ejecución no se suma algebraicamente, una vez realizado el levantamiento de columnas se inicia el vaciado de vigas, de losa de entrepiso y techo, y el levantamiento de paredes.	

Tabla 3.7.1.1: Tiempo de Ejecución de Obra Sistema Tradicional

3.7.2 Sistema ISOTEX

TIEMPO DE EJECUCIÓN:		
1. Excavación de Fundaciones:		
Actividad		**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Excavación		1 Semanas
Colocación de cabillas		1 Semanas
Vaciado de losa de piso		1 Semanas
Tiempo total		**3 Semanas**
2. Estructura		
Actividad		**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Levantamiento de Muros Portantes		3 Semanas
Levantamiento de Vigas y Columnas		1.5 Semana
Friso de Paredes		3 Semanas
Losa de Entrepiso y Techo		3 Semanas
		6.5 Semanas*
		9.5 Semanas
Nota:		
* Dado que las actividades aquí señaladas son independientes unas de otras y consecutivas,el tiempo no se suma algebraicamente.		

Tabla 3.7.2.1: Tiempo de Ejecución de Obra ISOTEX

3.7.3 Sistema SIDEPANEL

TIEMPO DE EJECUCIÓN:		
1. Excavación de Fundaciones:		
Actividad		**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Excavación		1 Semanas
Colocación de cabillas		1 Semanas
Vaciado de losa de piso		1 Semanas
Tiempo total		**3 Semanas**
2. Estructura		
Actividad		**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Vaciado de Columnas		3 Semanas
Vaciado de Vigas		3 Semanas
Levantamiento de Paredes		3 Semanas
Losa de Entrepiso y Techo		3 Semanas
Tiempo total		**7 Semanas***
Tiempo de ejecución total		**10 Semanas**
Nota:		
* Dado que las actividades aquí señaladas son independientes unas de otras y consecutivas, el tiempo no se suma algebraicamente.		

Tabla 3.7.3.1: Tiempo de Ejecución de Obra SIDEPANEL

3.7.4 Sistema ITAMCA

MANO DE OBRA	
1. Excavación de Fundaciones:	
Actividad	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Excavación	1 Semanas
Colocación de cabillas	1 Semanas
Vaciado de losa de piso	1 Semanas
Tiempo total	**3 Semanas**
2. Estructura	
Actividad	**TIEMPO DE EJECUCIÓN**
Erección de Paredes	3 Semanas
Levantamiento de Vigas y Columnas	1.5 Semana
Friso de Paredes	3 Semanas
Losa de Entrepiso y Techo	3 Semanas
Tiempo total	**6.5 Semanas***
Tiempo de ejecución total	**9.5 Semanas**
Nota:	
* Dado que las actividades aquí señaladas son independientes unas de otras y consecutivas,el tiempo no se suman algebraicamente.	

Tabla 3.7.4.1: Tiempo de Ejecución de Obra ITAMCA

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis Estructural:

Se hace analizarán los resultados obtenidos en la Salida del Modelo Matemático Etabs, referente a deriva y desplazamiento en los puntos mas críticos en cada sistema de construcción, tomando como "puntos críticos" aquellos elementos que posean más carga o los de mayor luz natural.

4.1.1 Sistema Tradicional.

1) Derivas.[17] Al observar los valores arrojados en la salida del Modelo Matemático referente a las derivas en el Sistema Tradicional, podemos verificar que ninguno de los valores obtenidos sobrepasa el máximo permitido en Norma COVENIN-MINDUR (0.0008 m).

2) Desplazamientos.[18] Así mismo vemos que los desplazamientos (deflexiones) en los puntos correspondientes a centros de vigas son mínimos, razón por la cual se verifica que lasestructura no presenta problemas de deflexión.

4.12 Sistema ISOTEX.

1) Derivas.[19] Se verifica que en la tabla C14 las derivas obtenidas son menor que el valor máximo permitido en la Norma.

2) Desplazamientos.[20] La estructura no sufre problemas en cuanto a deflexión se refiere.

---

[17] Ver Anexo Tabla C1
[18] Ver anexos Tabla C2 a C4
[19] Ver Anexo Tabla C14
[20] Ver Anexo Tabla C15

4.1.3 Sistema ITAMCA.

1) Derivas.[21] Se verifica en la tabla que las derivas obtenidas son menores que el valor máximo permitido en la Norma.

2) Desplazamientos.[22] Observamos que los desplazamientos (deflexiones) en los puntos correspondientes a centros de vigas son mínimos, lo cual permite decir que la estructura no sufre problemas en cuanto a deflexión se refiere.

4.1.4 Sistema Sidepanel.

1) Derivas.[23] Todos los valores obtenidos son menores que el valor máximo permitido en la Norma.

2) Desplazamientos.[24] Observamos que las deflexiones en los puntos correspondientes a centros de vigas son mínimas, lo cual permite decir que la estructura no sufre problemas en cuanto a deflexión se refiere.

En cuanto a los Cortes y Momentos el Modelo Matemático no arrojó advertencias de la posibilidad que los elementos de la estructura fuesen propensos a sufrir daños ante las solicitaciones aplicadas.

---

[21] Ver Anexo Tabla C16
[22] Ver Anexo Tabla C15
[23] Ver Anexo Tabla C20
[24] Ver Anexo Tabla C21

4.2 Volumen de Concreto en Infraestructura

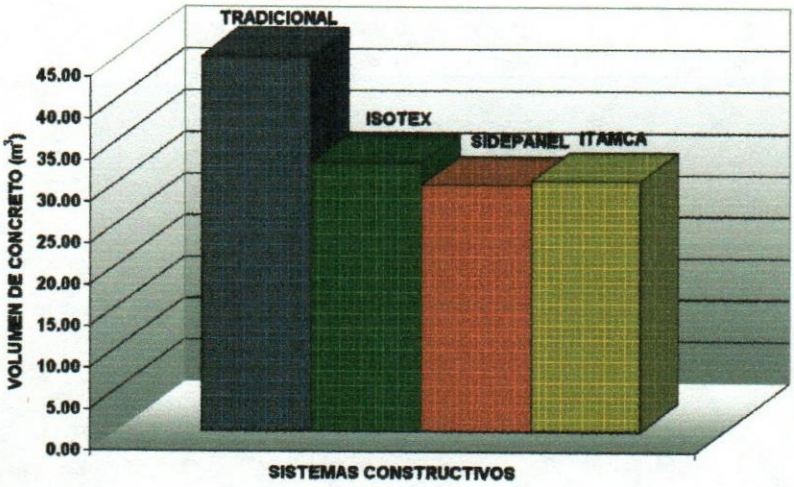

Figura 4.2.1: Volumen de Concreto en Infraestructura

Como se observa a través del gráfico, en las Fundaciones de los sistemas a base de EPS se produce un ahorro bastante significativo en los volúmenes de concreto empleados, en comparación con el sistema Tradicional, esto debido a que el edificio diseñado con el Sistema Tradicional es más pesado y por lo tanto las fundaciones son de mayor tamaño. La cantidad de concreto ahorrado es de 28.1% para el Sistema ISOTEX, 32.8% para ITAMCA y 33.9% para SIDEPANEL en comparación con el Sistema Tradicional.

4.3 Cantidad de Acero en Infraestructura

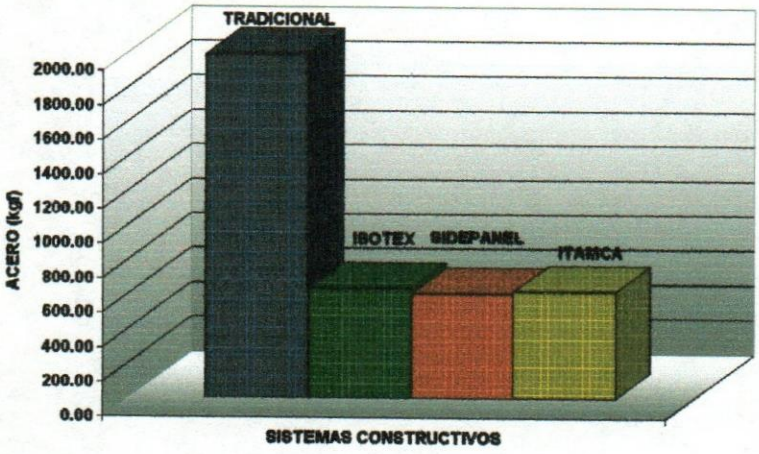

Figura 4.3.1: Cantidad de Acero en Infraestructura

Por las razones descritas anteriormente es de esperar, que las cantidades de acero requeridas en fundación para cada uno de los sistemas a base de EPS comparados con el Sistema Tradicional son mucho menores, 68.1% para el Sistema ISOTEX, 68.9% para SIDEPANEL y 69.5% para ITAMCA.

4.4 Volumen de concreto en Estructura

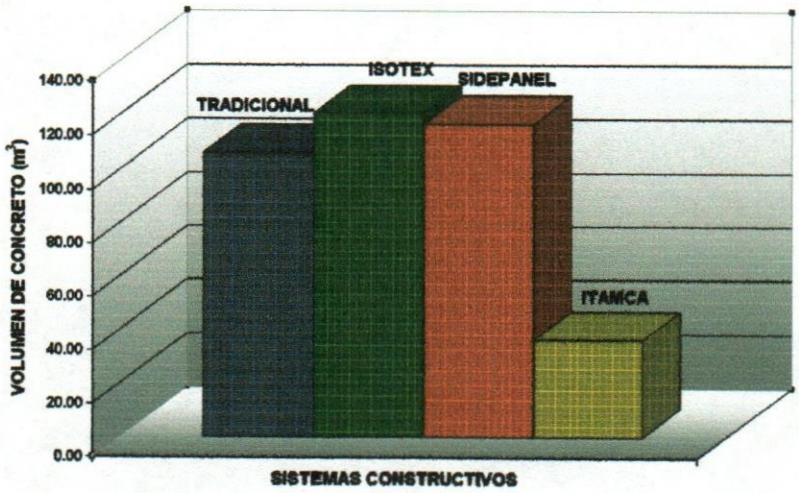

Figura 4.4.1: Volumen de Concreto en Estructura

Referente a los volúmenes de concreto utilizados en estructura se puede notar mediante el gráfico que dos de los sistemas a base de EPS requieren mayor cantidad que el Sistema Tradicional, debido a que estos sistemas funcionan estructuralmente como muros armados y por tanto los espesores de concreto a utilizar para recubrir o para rellenar los paneles de EPS son significativos y superan a las cantidades requeridas en el Sistema Tradicional. Los porcentajes son los siguientes: la empresa ISOTEX y SIDEPANEL requieren un 13.6% y 10% respectivamente más concreto que el Sistema Tradicional, mientras que ITAMCA produce un ahorro de 65.8% respecto al Sistema Tradicional ya que el concreto utilizado solamente se usa en vaciado de losas y colocación de friso grueso, mientras que en el Sistema Tradicional se usa para vaciado de columnas y vigas a parte del vaciado de losas y colocación de friso grueso.

4.5 Cantidad de Acero en Estructura

Como puede observarse en el Figura 4.4.1, los sistemas constructivos a base de EPS requieren cantidades de Acero menores en comparación a las necesarias en el Sistema Tradicional. Los ahorros en acero son bastante considerables, obteniendo los siguientes porcentajes respecto al sistema de construcción tradicional: ISOTEX 72.5%, ITAMCA 32.7% y SIDEPANEL 80.7%. Para el caso del Sistema SIDEPANEL el acero que predomina en la estructura es el que forma parte del muro armado, malla electrosoldada; para el Sistema

ISOTEX -por también estar conformada por muros armados- la presencia de acero comparada con el Sistema Tradicional es inferior. Aparte del Sistema Tradicional donde más acero se requiere es en el Sistema ITAMCA, porque su diseño estructural se basa en perfiles de acero, donde el panel de EPS no cumple función estructural sino como tabiquería.

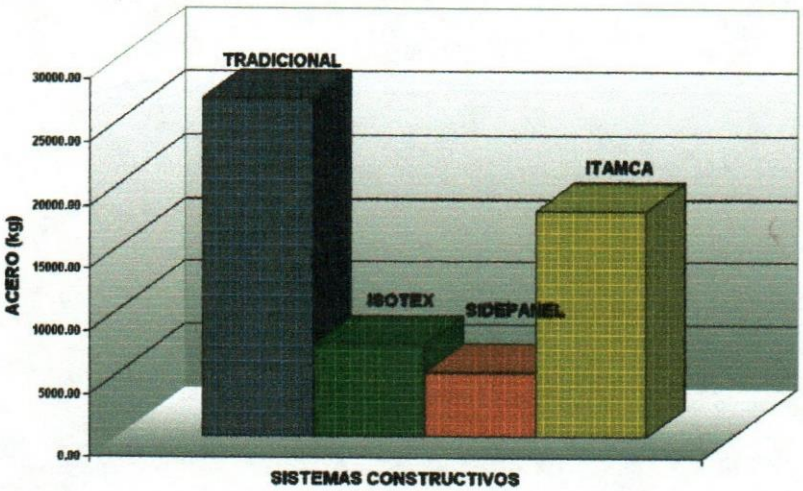

Figura 4.5.1: Cantidad de Acero en Estructura

4.6 Costo Total de Acero y Concreto en Obra

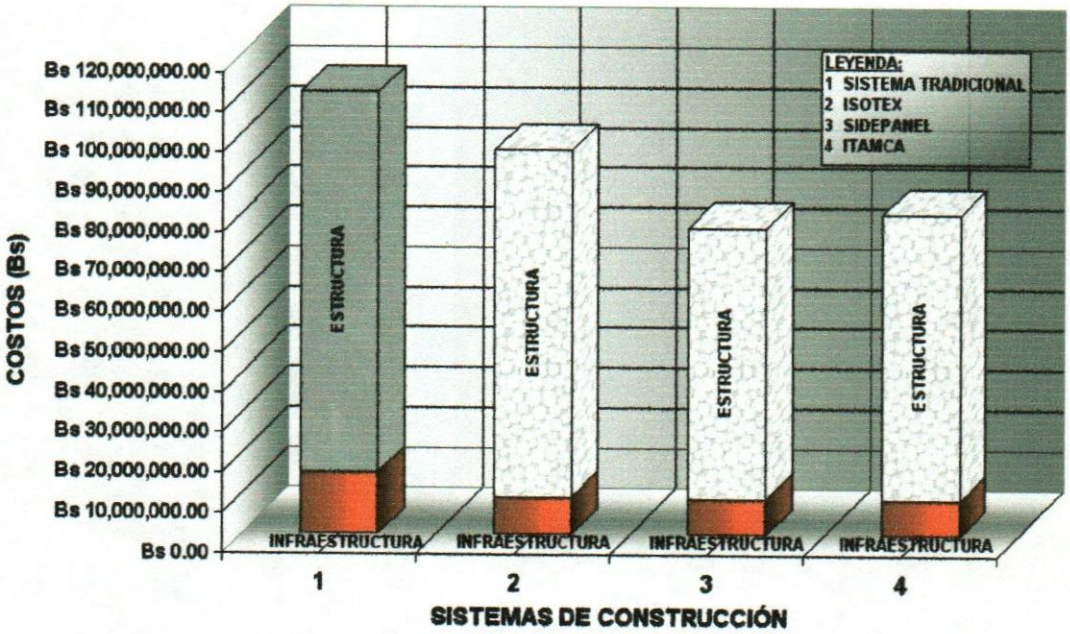

Figura 4.5.1: Costo Total de Acero y Concreto en Obra

Observando el gráfico correspondiente al Costo Total de Acero y Concreto en Obra, podemos apreciar que los Sistemas a base de EPS resultan más económicos que el Sistema Tradicional, obteniendo en algunos casos ahorros superiores al 30%. Los valores obtenidos para el ahorro total en materiales de construcción son: ISOTEX, 11.4%; SIDEPANEL, 30.3% e ITAMCA 31.4%.

En costo de infraestructura tenemos: Para el Sistema ISOTEX se obtuvo un ahorro de costos de 25.7%, en el sistema ITAMCA el ahorro obtenido es de 27.6% y en el Sistema SIDEPANEL de 27.1% en comparación con el Sistema Tradicional.

Los porcentajes de ahorro obtenidos para costo de estructura son: ISOTEX, 8.8%; SIDEPANEL, 30.9%; e ITAMCA, 32.1% en comparación con el Sistema Tradicional.

4.7 Costo de Mano de Obra

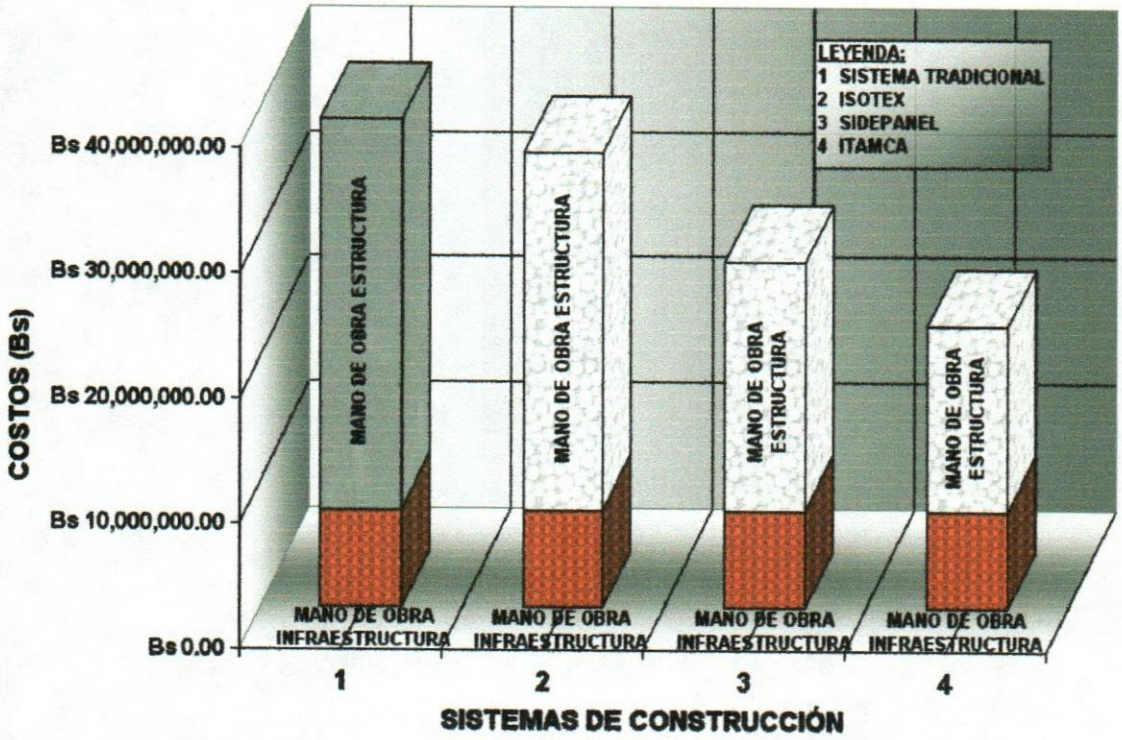

Figura 4.7.1: Costo Total de Mano de Obra

El ahorro producido por los Sistemas a base de EPS en comparación con el Sistema Tradicional es bastante considerable, la relaciones son las siguientes: ISOTEX, 6.9%; ITAMCA, 42.4% y SIDEPANEL 29.3%.

Los costos de mano de obra para la infraestructura resultan similares para todos los sistemas debido a que tanto el personal requerido como los tiempos de ejecución para la realización de la Infraestructura son idénticos en todos los casos; así mismo las fundaciones a consumar presentan características similares.

Referente al Costo de la Mano de Obra para la Estructura podemos ver que este sigue el mismo patrón que los análisis ya realizados, las Estructuras a base de EPS resultan mucho más económicas en comparación con la Estructura Tradicional, obteniendo ahorros que en algunos de los casos supera el 50%. Los porcentajes de ahorro respecto al Sistema Tradicional son los siguientes: ITAMCA 52.9%, SIDEPANEL 36.5% e ISOTEX 8.7%.

A continuación se muestra un gráfico que globaliza los costos de Materiales y Mano de Obra en cada edificación, donde se ratifica que los Sistemas alternativos a base de EPS son más económicos que el Sistema Tradicional, a base de bloques de concreto y arcilla, y estructura de concreto. Los porcentajes de ahorro en bolívares con respecto al Sistema Tradicional son los siguientes: 11.4% para ISOTEX, 30.3% para SIDEPANEL y 31.4% para ITAMCA.

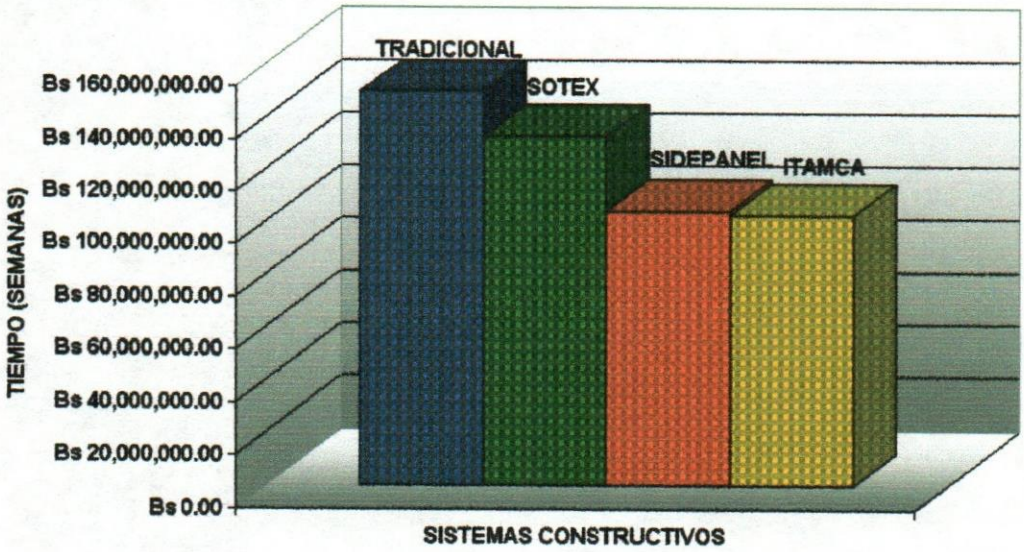

Figura 4.7.2: Costo Total de Materiales de Construcción y Mano de obra

4.8 Tiempo de Ejecución de Obra

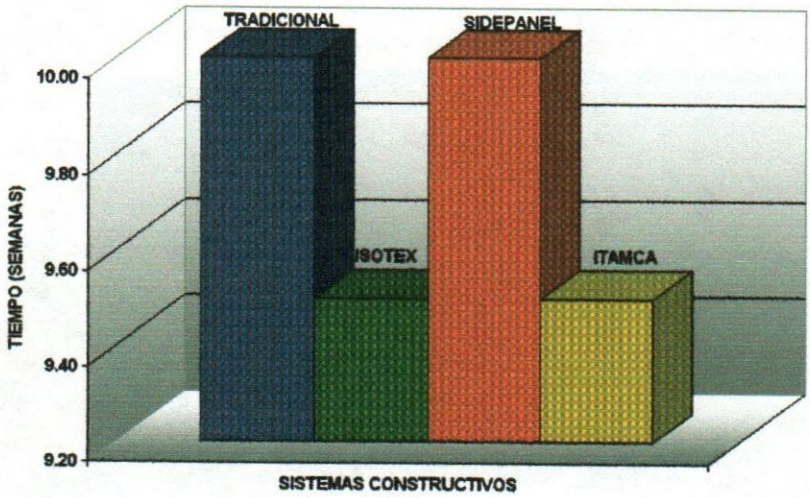

Figura 4.7.1: Tiempo de Ejecución en Obra

Al analizar los tiempos de ejecución de las obras en cada uno de los sistemas, se puede observar que para los Sistemas Tradicional y SIDEPANEL resultan iguales, de la misma manera los sistemas ITAMCA e ISOTEX presentan el mismo tiempo de ejecución, que resultan menores a los sistemas anteriormente nombrados. La razón por la que el Sistema SIDEPANEL es similar al sistema Tradicional se debe a que, aunque el Sistema utiliza elementos prefabricados el armado de los paneles junto con la proyección de concreto hace lánguida la etapa constructiva.

4.9 Análisis energético

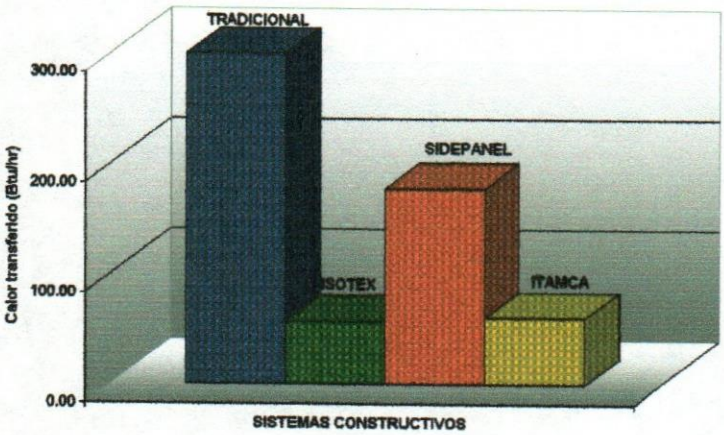

Figura 4.9.1: Análisis Energético

La transferencia de calor en cada pared diseñada con los distintos sistemas constructivos, es más marcada en el Sistema Tradicional con una transferencia calórica de 390 Btu/hr, y la mayor transferencia de calor entre los Sistemas a base de EPS es para el

Sistema SIDEPANEL con 178 Btu/hr, más del 50 % de diferencia entre los dos. Esta diferencia de transferencia de calor viene dada por la capacidad aislante del EPS ya que está compuesto principalmente por aire, que es muy mal conductor del calor; mientras que el concreto que tiene la desventaja de almacenar el calor y expulsarlo a medida que se va enfriando (Refracción). La transferencia de calor depende mucho de los materiales y su disposición en la pared, así como también influye el espesor de la misma. Las comparaciones con el Sistema Tradicional son las siguientes: para SIDEPANEL 54,3 %, para ITAMCA 84,5 % y para ISOTEX 85,4 %.

CONCLUSIONES

- Del Análisis comparativo realizado, consideramos que los Sistemas Constructivos a base de EPS compiten favorablemente con el Sistema Tradicional desde el punto de vista económico. De las tres empresas consideradas, dos reflejan un ahorro en el orden del 30% en comparación con el Sistema Tradicional.

- Referente a los tiempos de ejecución podemos concluir que la mayoría de los Sistemas basados en EPS tienen asociados un tiempo de ejecución muchísimo más bajo que el del Sistema Tradicional. Una consecuencia favorable de esto se ve reflejada en la Inversión del capital, ya que al minimizar los tiempos se reduce el Retorno del Capital y esto es un factor de gran importancia cuando hay una desmedida inflación en los Sistemas Financieros, siendo realmente incidentes los costos.

- Es de destacar que los Sistemas basados en EPS satisfacen las Normas Covenin-Mindur para estructuras Sismorresistentes con comportamientos favorables y solicitaciones menores que las producidas en una estructura tradicional.

- También es notable la capacidad de aislar el calor del EPS, teniendo un comportamiento muy particular y favorable en una vivienda: si el exterior está a temperaturas altas, dentro de la vivienda la temperatura es inferior y viceversa, siendo una alternativa práctica y muy usada en regiones de climas fríos, por lo que también es una opción válida para compensar climas cálidos como el nuestro.

- Consideramos que estos sistemas pueden ser de gran valor para la solución de los problemas habitacionales del país debido a su rapidez de ejecución, permitiendo bajar la tasa de déficit de viviendas actual.

- Consideramos también que se debe impulsar en las distintas Universidades a nivel de ingeniería civil, el estudio de nuevos materiales de construcción; ya que a lo largo de la carrera muchas veces estos ni se mencionan.

- Con relación al tipo de EPS utilizado para la construcción, este no debe ser en ningún momento y bajo ningún concepto EPS tipo Standard, todo diseño u obra se realizará con EPS Autoextinguible.

BIBLIOGRAFÍA

[1] AGREDA B., COLMENARES L, SALEGUI J., PEÑA J., (1981), Sistemas Constructivos para Viviendas de Interés Social., INAVI, C.V.C., AVIE, Venezuela, Caracas.

[2] ANDREWS S., (1992), Foam-Core Panels & Building Systems, Cutter Information Corp., Second Edition, EEUU.

[3] ARNAL H. Y EPELBOIM S. (1985), MANUAL PARA EL PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA DEIFICACIONES, Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela, Venezuela, Caracas.

[4] ASOCIACION ARGENTINA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Consultado el día 15 de Julio de 2004 de la World Wide Web: http://www.aape.com.ar, Argentina.

[5] CLARET A.(2004), Cómo Hacer y Defender una Tesis, Editorial Texto C.A, Primera Edición, Venezuela, Caracas.

[6] DAS B., (1999), Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Internacional Thomson Editores, Cuarta Edición, México.

[7] DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS Y COSTOS DEL CIV, (Junio 2004), Guía Referencial de Costos de Construcción, CIV, Venezuela, Caracas.

[8] EUMEPS, REPRESENTANTE DE FABRICANTES EUROPEOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS), (2004), Comportamiento del EPS en caso de incendio. Europa.

[9] GRUPO ISOTEX, (2003) IOPANEL, Paneles Estructurales Aislantes Tecnología ISOWALL, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[10] GRUPO ISOTEX, (2003) ISO PERFIL, Láminas Decorativas para el Cielo Raso, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[11] GRUPO ISOTEX, (2003) ISOCOR, Láminas Decorativas para el Cielo Raso, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[12] GRUPO ISOTEX, (2003) ISOPERFIL, Molduras Decorativas, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[13] GRUPO ISOTEX, (2003) PROFORM, Bloques ICF, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[14] GRUPO ISOTEX, (2003) TERMOLOCK, Techos para Viviendas, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[15] GRUPO ISOTEX, (2003) TERMOLOSA C, Sistema de Encofrado para Techos y Losas de Entrepiso, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[16] GRUPO ISOTEX, (2003) TERMOPANEL, Paneles para Techo, Láminas Decorativas para el Cielo Raso, Folleto Informativo, GRUPO ISOTEX, Venezuela, Caracas.

[17] LAMBE T. Y WHITMAN R., (1997), Mecánica de Suelos, Noriega Editores, México.

[18] Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 1756-98 "EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES". Venezuela.

[19] Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 2002-88 "CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES". Venezuela.

[20] Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 2003-86 "ACCIONES DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES". Venezuela.

[21] PALLOTA S. Y RENGIFO M., (1994), "Estudio Comparativo Estructural y Económico del Uso de Bloques de Poliestireno y Arcilla en la Construcción", Trabajo Especial de Grado, Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Venezuela, Caracas.

[22] RODRÍGUEZ, L. Y PRIETO M. "Conferencia Hemisférica del Sector Educativo para la mitigación de riesgos Socio-Culturales. Caso Venezuela", (Caracas, julio de 1.997). Consultado el día 15 de Julio de 2004 de la World Wide Web:http://www.arq.ucv.ve/~comir/MINISTEDUCA.html, Venezuela.

[23] SIDEPANEL, (2004), Guía Técnica para Construir Grandes Ideas, Folleto Informativo, SIDETUR, Venezuela, Edo. Carabobo, Valencia.

[24] SIDEPANEL, (2004), Hágalo Usted Mismo, Folleto Informativo, SIDETUR, Venezuela, Edo. Carabobo, Valencia.

[25] SIDEPANEL, (2004), Resistencia y Versatilidad para Crear y Construir, Folleto Informativo, SIDETUR, Edo. Carabobo, Valencia.

[26] SIDETUR, (2002), Siderúrgica del Turbio S.A., Manual de Estructuras de Acero, SIDETUR, Venezuela, Caracas.

[27] THE AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC., (1995), ASHRAE Handbook, EEUU.

[28] TUMA J., Análisis estructural, (1975), McGraw-Hill, México, D.F.

[29] VOHEN M., (1999), Apuntes de aire Acondicionado, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería Mecánica, Departamento de Energética, Décima Edición, Venezuela, Caracas.