

INNOVACIÓN AL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PANELES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, PARA INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA.

Alfonso Moreno Salazar

Alejandro C. Moreno Salazar

Lucio Guzmán Mares

Alejandro Águila Reyes

Universidad de Guadalajara, México.

Salvador Capuz Rizo

Universitat Politècnica de València, España

Abstract

As prototype of study, the constructive system was in use for housing based on Panels of Polystyrene Expanded Foam (Type Monolite), which needs in occasions as structural support, concrete elements, such as; The construction of subgrade slabs, columns and beams. In addition, he lacks an own system of foundation, since the same one it is realized in a traditional way.

The Methodology TRIZ was in use for looking for the wished innovations. The elements and the parameters were born in mind to improving. Surmising them in the contradiction matrix, and taking into account three primary principles of innovation suggested, an integral solution was obtained; to implant the structural required elements, inside the same constructive system, withdrawing polystyrene and reinforcing with rod of steel, for the case of subgrade slabs and columns. Besides this, in the foundation, to use an accessory of assembly known as Mesh "L", own of the same constructive system, but placed horizontally in the low part of the panel of wall, this originates a continuous footing that works as structural monolithic element of major resistance and constructive facility. Optimizing consequently, cost and time in the execution of works.

Keywords: *Housing; Panels of Polystyrene Expanded Foam; Innovation.*

Resumen

Como prototipo de estudio, se utilizó el sistema constructivo para vivienda a base de Paneles de Espuma de Poliestireno Expandido (*Tipo Monolite*), el cual requiere en ocasiones como soporte estructural, elementos de hormigón, tales como; La construcción de sobrecimientos, columnas y vigas. Además, carece de un sistema propio de cimentación, puesto que el mismo se realiza de manera tradicional.

Se utilizó la Metodología TRIZ para buscar las innovaciones deseadas. Se tomaron en cuenta los elementos y los parámetros a mejorar. Conjeturándolos en la matriz de contradicción, y tomando en cuenta los tres primordiales principios de innovación sugeridos, se obtuvo una solución integral; implantar los elementos estructurales requeridos, dentro del mismo sistema constructivo, retirando poliestireno y reforzando con varilla de acero, para el caso de sobrecimientos y columnas. Además de esto, en la cimentación, utilizar un accesorio de montaje conocido como *Malla "L"*, propio del mismo sistema constructivo, pero colocado horizontalmente en la parte inferior del panel de muro, esto origina una zapata corrida que funciona como elemento estructural monolítico de mayor resistencia y facilidad constructiva. Optimizando consecuentemente, costo y tiempo en la ejecución de obras.

Palabras Clave: *Vivienda; Paneles de Espuma de Poliestireno expandido; Innovación.*

1. Introducción

La construcción de viviendas en México, al igual que en muchos países de América Latina, caso de Venezuela, es uno de los sectores que actualmente presenta más dilación tecnológica, puesto que el 96% de las viviendas familiares son autoconstruidas y/o dirigidas en sus etapas de edificación por sus futuros propietarios y moradores. Según Mejía (1996), éstos utilizan básicamente los elementos estructurales tradicionales conocidos desde siempre, como los sistemas de cimentación con mampostería (piedra braza en México, o de tierra de adobe secado al sol o prensados de tierra-cemento o bahareque, entre otros en Venezuela). Además de la estructura de soporte (a base de dalas y castillos de concreto, en México y algunos países de Latinoamérica, o sobrecimientos y columnas de hormigón en España).

Otro pequeño porcentaje, el 3.7% compra viviendas, mediante créditos hipotecarios, a una institución bancaria o gubernamental. Estas Instituciones a su vez subcontratan a una empresa constructora para que la vivienda sea edificada, sin dejar de lado la participación directa o indirecta de los agentes inmobiliarios para la promoción y comercialización. De esta forma, el costo de la vivienda se encarece, pues todas las partes involucradas requieren utilidades para su operación.

Sólo un reducido porcentaje del 0.30% contrata por su cuenta los servicios de constructores profesionales para edificar sus viviendas, quien a su vez debe trabajar conscientemente en la organización del consumo de materiales y de mano de obra. También deberá cuidar los tiempos de ejecución, pues con ello se obtienen ahorros económicos considerables en beneficio del cliente. El constructor logra, con todo esto, una diferencia económica a favor del cliente, quien la utiliza para pagar los honorarios de la labor profesional. Actualmente, la suma de los dos últimos porcentajes anteriormente descritos alcanza en México la cantidad de 4%, localizada casi siempre en las concentraciones urbanas que sobrepasan al millón y medio de habitantes.

El método tradicional del sistema constructivo a base de muros se construye a base de ladrillo de barro asentado con mortero, sobrecimientos y columnas de hormigón (dalas y castillos de concreto, en México); y el sistema de bóvedas o techos, con viguería de acero y ladrillo de lama pegado con mortero, alcanza el alto porcentaje de 95% de las viviendas autoconstruidas en la actualidad.

Esta forma de construir, por ser pesado y modular, no brinda un alto grado de seguridad, y carece de un coeficiente sísmico confiable. Por otro lado, la autoconstrucción tradicional de una vivienda es prolífica en desperdicios de material y lenta en sus procesos constructivos, lo que fomenta vicios ocultos que afectan los materiales y la mano de obra, cuestiones que encarecen el presupuesto final de cualquier obra.

En los tiempos actuales, la construcción y los proyectos de vivienda en México se encuentran en una nueva fase de desarrollo, pues las tendencias económicas del tercer milenio, tal como lo expresaron Naisbitt y Aburden (1990) y ratificados por Cloquell, Contreras y Owen de Contreras (2007), presentan retos que deberán ser afrontados con tecnología de vanguardia y calidad en todos los procesos constructivos. Al mismo tiempo, que se deberá presentar un servicio esmerado, los más altos índices de calidad y las consideraciones del factor medioambiental en el proyecto, procesos y servicios. Las inversiones en tecnologías para mejorar las formas de diseñar y construir edificaciones han venido a estabilizar el abastecimiento del mercado y, en consecuencia, a proveer al proyectista y al constructor de una amplia gama de materiales y sistemas constructivos, factibles y confiables a utilizar en la edificación de una vivienda.

Por ello, en la actualidad es ilimitado el número de materiales y combinaciones que se tienen a la mano. Y es en la división de especificaciones, en donde se describen los

diversos materiales de construcción y sus propiedades, materiales que se utilizarán a lo largo y ancho del desarrollo de cualquier proyecto inmobiliario. Las especificaciones de los materiales también incluyen los procedimientos y requisitos que tienen que cubrirse en las inspecciones, pruebas y análisis hechos durante la fabricación, manejo, utilización, terminación y garantía del trabajo. Es decir, además de garantizar su función y durabilidad de los insumos constructivos ya instalados en una obra, las propiedades de éstos deberán satisfacer las precauciones y protecciones necesarias que se deben dar en los intervalos que existen entre la manufactura, el procesamiento y su incorporación a la misma, dado que algunos están sujetos a deterioro o daño; bajo ciertas condiciones de exposición, durante las etapas de transporte, manejo, almacenamiento puesta en obra y uso final. De ahí que, la espuma de poliestireno expandido como se le denomina internacionalmente por sus siglas en idioma inglés *Expanded Polystyrene* (EPS) y la cual data desde la década de los años cincuenta (Molders Association, 2009), que al ser conjuntada con una armazón de alambre de acero, la cual es cubierta con mortero de cemento, ofrece como resultado elementos estructurales de consideración. Con propiedades casi tan similares a las que otorga el hormigón armado, más resistente que el block de jal-creto o el ladrillo de barro, tan práctico como la madera, y mejor aislante térmico y acústico que todos los anteriores (The BPF EPS Group, 2009).

Otras ventajas que ofrece el EPS, es el de ofrecer mayor seguridad, calidad y rapidez en la ejecución de obras que los sistemas constructivos tradicionales. Por su facilidad de montaje, proporciona un ahorro considerable de tiempo en la ejecución de obra. Pero presenta un tiempo de ejecución similar al sistema tradicional de construcción en la partida de cimentación, pues el proceso es idéntico en ambos sistemas constructivos.

Por ello, el presente trabajo reporta la interacción exitosa entre la universidad y la industria de la construcción mexicana, caso de la Universidad de Guadalajara y la empresa Rolados y Manufacturas S.A. de Capital Variable, en Guadalajara Jalisco, México (Rolados y Manufacturas S.A. de C.V. 2008), quien ha tenido más de 15 años de experiencia en la construcción de viviendas de 1, 2 y 3 pisos en todo el país, quien solicitó a la institución académica la mejora de su sistema constructivo a fin de ser más eficientes en procesos, disminución de tiempos y costos. Por consiguiente, en el presente trabajo se hizo uso de las estrategias de Ecodiseño y de la utilización de la Metodología TRIZ, llegándose a mejorar de manera positiva y significativa, aspectos de procesos de fabricación de viviendas y propiedades de resistencia del sistema constructivo para viviendas a base de paneles EPS (*Panel Estructural RYMSA*).

2. Caso de Estudio

Haciendo uso de las estrategias del Ecodiseño propuestas por Brezet y Van Hemel (1997) y proyectadas para el ámbito de Iberoamérica por Capuz y Gómez (2002), así como de la utilización de la Metodología TRIZ planteada por Altshuller (1997); Coronado, Oropeza y Rico (2005) y Oropeza (2007), se logró realizar un prototipo de estudio con dimensiones 3,45 m X 3,45 m x 2,44 m., a fin de proyectar mejoras de la cimentación, al sobrecimiento, y a las columnas, del sistema constructivo para viviendas a base de paneles EPS (*Panel Estructural RYMSA*) (Figura 1), cuyos procedimientos más importantes se explican a continuación:

2.1 Aplicación de la METODOLOGÍA TRIZ y de las estrategias de ECODISEÑO

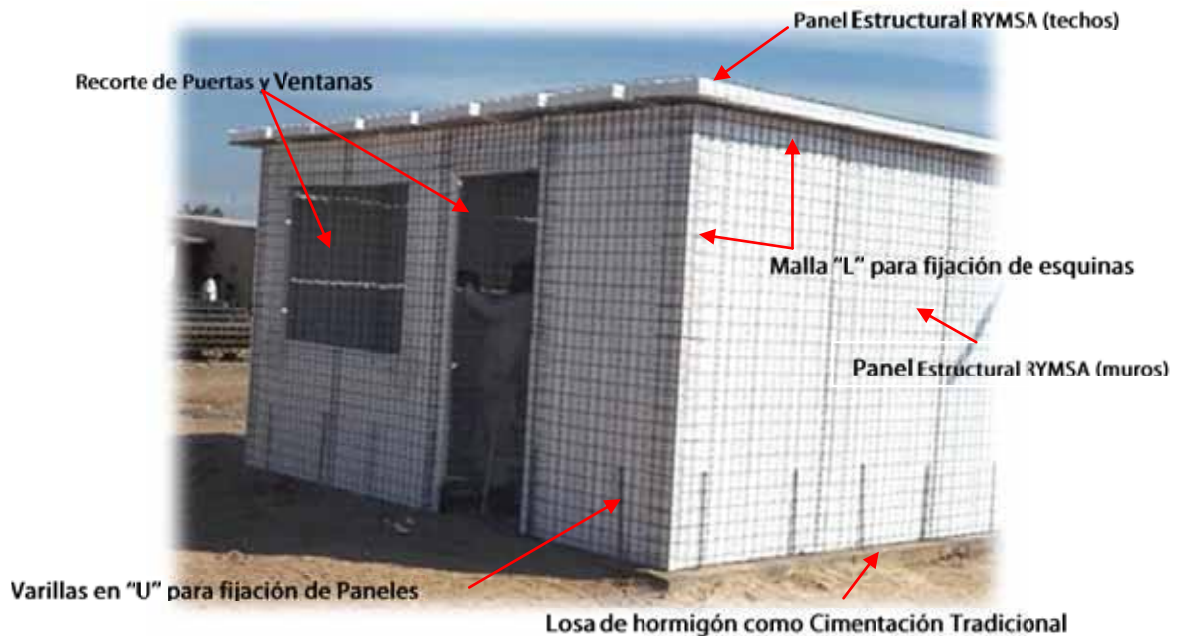
Contreras (2006) y Marín (2009), expusieron que la Teoría de la Resolución Inventiva de Problemas *Theory of Inventive Problem Solving* (TIPS), más conocida como TRIZ por su acrónimo ruso, se desarrolló en la antigua URSS a finales de los años cuarenta. Formulado por el Dr. Genrich Altshuller en procura de tratar de mejorar la creatividad en la solución de

problemas de ingeniería fomentando las “*Leyes de evolución de los sistemas de ingeniería*”, con el estudio y catalogación sistemática de las patentes desarrolladas en el mundo entero, buscando los principios de innovación.

Strasser y Wimmer (2003), por su parte reportaron que se han desarrollado propuestas de utilización del TRIZ para el Ecodiseño, haciéndose uso de la herramienta informática Ecodesign PILOT (PILOT, 2009), en el cual se utilizan directamente los 40 principios inventivos sin desarrollar la matriz de contradicciones. Los principios se integran directamente relacionados con las estrategias de Ecodiseño concretas y estructuradas según la fase del ciclo de vida de mayor impacto (obtención de materias primas, fabricación, transporte, y/o retiro). Desde el punto de vista del Ecodiseño se definieron, entre otras, las siguientes consideraciones:

- La elección del producto.
- Análisis ambiental del producto.
- Análisis de verificación de los aspectos ambientales y creativos del producto. Se hizo uso de la Rueda de las Estrategias de Ecodiseño del Ciclo de Vida (LiDS) o Eco compás propuestas por Van Hemel (1995), la cual sirve para la creación de nuevas ideas para productos industriales o el rediseño de los mismos, pudiéndose valorar la viabilidad de las ideas surgidas en el proceso de diseño y establecer el orden de prioridades.
- Detalles del concepto del rediseño.
- Proceso futuro de evaluación y continuación del proceso de Ecodiseño.

Figura 1. Prototipo construido con el Sistema Constructivo RYMSA, a base de paneles prefabricados de espuma de poliestireno expandido (EPS).



Fuente: Industrias Rolados y Manufacturas S.A. de C.V. (2008)

2.1.1 Definición del Nivel de Innovación Tecnológica

Según los parámetros de la Metodología TRIZ, la mejora que se buscó implantar en el Sistema Constructivo RYMSA corresponde al Nivel 2; *Mejora Menor a un Sistema Tecnológico*, puesto que solamente se realizarán modificaciones en los elementos estructurales de soporte fabricados con hormigón, conjunto de componentes que conforman un sub-sistema de la vivienda completa (Sistema Constructivo-Tecnológico). Esta modificación no afecta al Sistema Constructivo, por el contrario, lo beneficia al poder mostrarse éste, como una técnica constructiva que busca la mejora continua. Este Sistema Constructivo está actualmente sujeto a la búsqueda de *Mejoras Menores*, puesto que se encuentra en su etapa de *Juventud*, o de *Crecimiento Acelerado* como también es conocida ésta etapa.

2.1.2 Identificación de Características de Mejora y Afectación

Al analizar los 39 parámetros de mejora dentro de la Matriz de Contradicción de Altshuller se dedujo que la principal característica a mejorar sería la *Resistencia*, puesto que la cimentación, los sobrecimientos y las columnas, conforman la estructura de soporte principal de una vivienda, en cualquier sistema constructivo. Por el contrario, al buscar incrementar *Resistencia* a los elementos de soporte en la cimentación se pueden producir los siguientes efectos (característica que empeora) no deseados:

- a) *Cantidad de Sustancia o de Materia*, por tener que incrementar más materiales de construcción como son acero, cemento o aditivos.
- b) *Manufacturabilidad o Facilidad de Fabricación*, por incrementar las actividades de mano de obra al incorporar más elementos al sistema original.
- c) *Adaptabilidad*, donde todos los elementos estructurales de hormigón, solamente cumplen una función específica y no son reutilizables.
- d) *Capacidad/Productividad*, al incorporar nuevos elementos o materiales al sistema estructural de una vivienda, se afectarían los tiempos de ejecución de los trabajos, puesto que son actividades adicionales a las ya preexistentes.

3. Resultados y Discusión

3.1 Conceptualización de las cimentaciones tradicionales adaptadas al Panel Estructural RYMSA

En México existen muy variados tipos y sistemas de cimentación, pero para la construcción de una vivienda de uno o dos niveles, se facilita y se sugieren manejar tres de ellos para el caso de adaptación de la tecnología de los paneles prefabricados de EPS (*Panel Estructural RYMSA*) para la manufactura de una edificación. Estos sistemas son:

3.1.1 Losa de piso

El sistema de colar o vaciar una losa de hormigón que servirá como cimentación integral, se utiliza en gran parte en terrenos que poseen material de baja estabilidad y capacidad portante (arcillas). Pero no se limita de forma exclusiva estos casos.

La cimentación a base de una losa fundación corrida de hormigón es lo más recomendable para construir una vivienda con el sistema de paneles prefabricados EPS, pues debe de tomarse en cuenta que la ligereza de este sistema ahorra partidas de cimentación. En México, una losa de concreto $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, de 10 cm de espesor, reforzada con malla electro soldada 6 x 6/10-10 es suficiente para soportar una vivienda de 2 niveles. Si se prefiere se puede habilitar la parrilla con varillas o cabillas de diámetro 3/8" a cada 25 cm en

ambos sentidos (Figuras 2 y 3). Por donde se proyecte levantar muros, se deben de excavar pequeñas cepas o zanjas de 20x30 cm para colocar contratraveses, que se forman con 4 varillas de 3/8" y estribos de alambroón de 1/4" a cada 40 cm, donde se colocan los bastones en "U" de 3/8" con una altura de por lo menos 60 cm. Estos se usarán posteriormente para sujetar el panel y transmitir esfuerzos. El armado de las contratraveses también se puede sustituir con acero de refuerzo tipo *armex* 20-20-4. Las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, telefónicas u otras, que estén proyectadas de forma subterránea, obviamente se colocan antes de vaciar la losa para no incurrir en futuras complicaciones. Después del colado de la losa se debe tener cuidado de curarla con algún aditivo especial para el caso, o en su defecto mantenerla húmeda con agua las siguientes 48 horas, siendo necesario y útil estos cuidados, pues además esta losa servirá perfectamente como firme para la colocación de cualquier tipo de piso que se desee instalar posteriormente.

Figura 2. Detalle de cimentación con losa de concreto, muros lindero y central, de Paneles prefabricados de poliestireno expandido

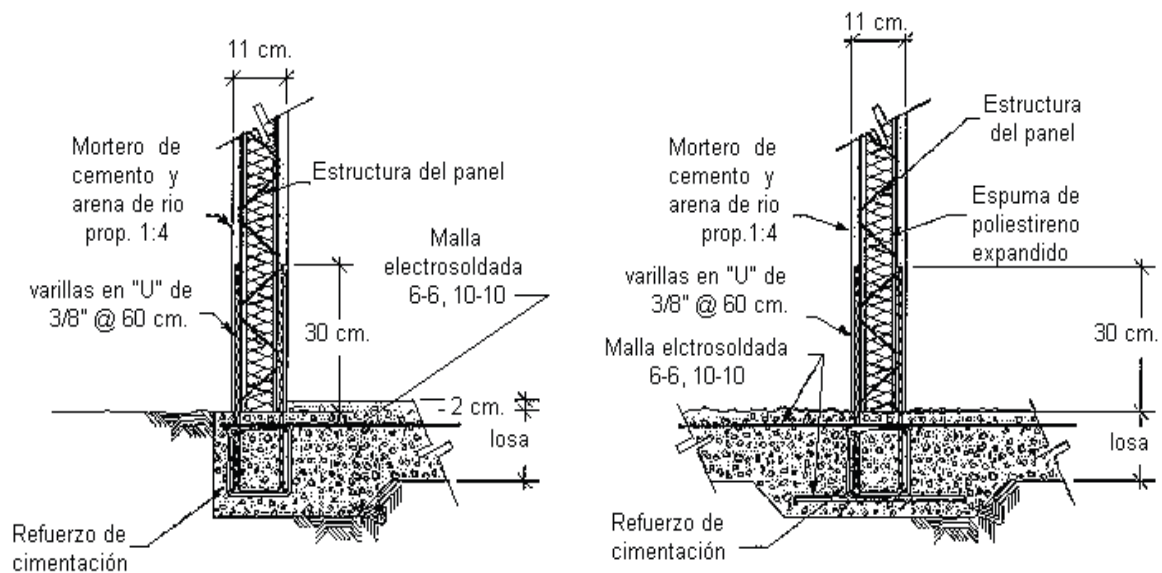
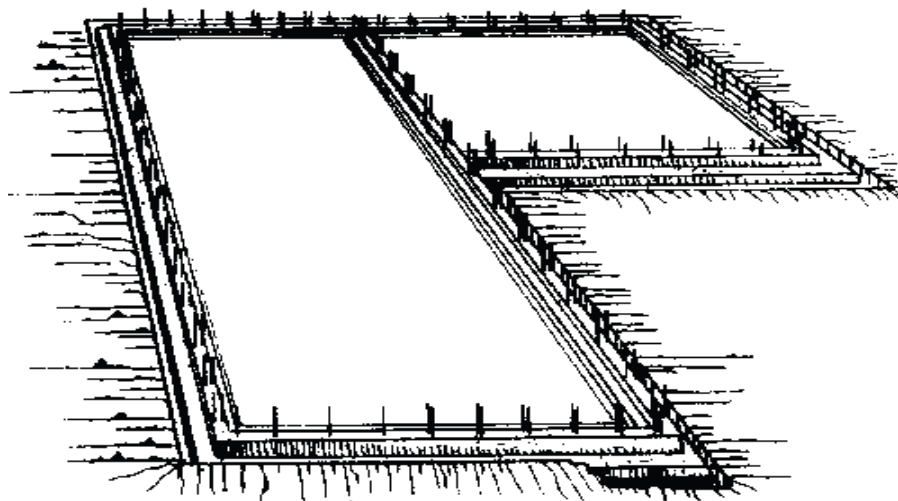


Figura 3. Perspectiva de una losa de cimentación terminada. Empotradas a la misma aparecen las varillas en "U" dispuestas a recibir los muros de panel.

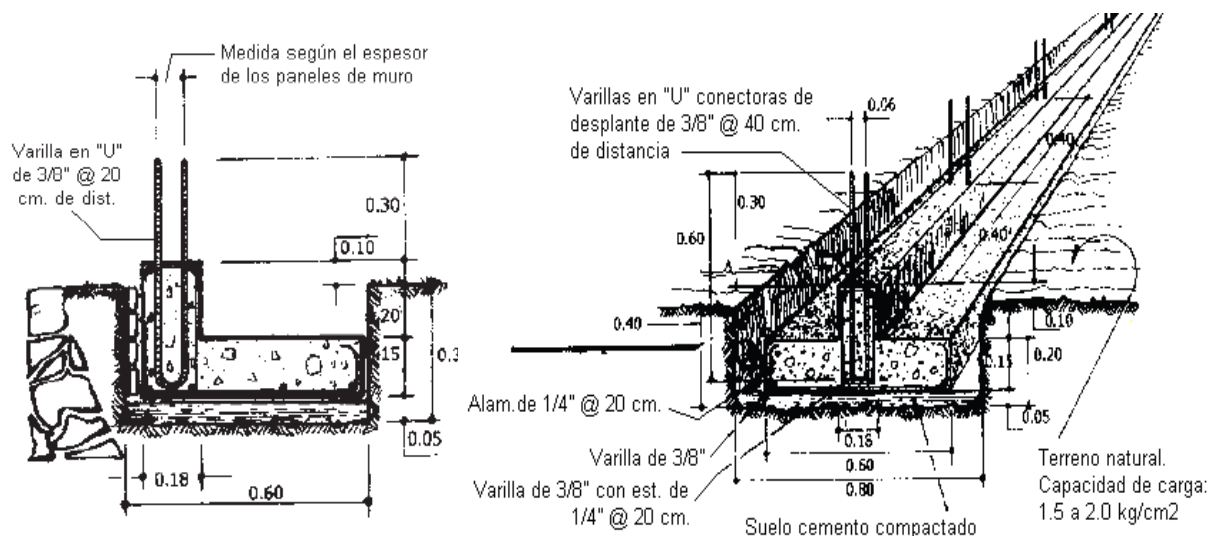


3.1.2 Zapatas corridas

Consiste en una estructura de hormigón (concreto) armado, colocada a todo lo largo y ancho de la construcción bajo el nivel de terreno natural (Figura 4). Viene a suplir al mamposteo tradicional, con la diferencia de que el concreto armado solo requiere en volumen aproximadamente un 35% de lo que ocuparía el primero. Además de poseer una excelente conductividad y distribución de cargas a diferencia del sistema tradicional de cimentación. A partir del nivel compactado de terreno, o en su defecto del terreno natural si muestra buena condición portante, solamente es necesario excavar de 35 a 40 cm para desplantar la zapata corrida. La zapata solo ocuparía unos 60 cm de ancha, y podría tener un espesor en su base de 15 cm. El dado (que será la dala de desplante) deberá de tener 20 cm de altura y poseer 18 cm de espesor como mínimo. Se sugiere colocar 5 cm de suelo-cemento compactado como base para desplante de la zapata. El concreto deberá ser de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, y solo requiere ser habilitada con varillas de diámetro de $3/8"$; para los estribos del dado, se puede utilizar inclusive (cadena) alambra de $1/4"$.

Antes del colado del sobrecimiento, o dala de desplante, se colocan los bastones verticales en forma de "U" de varilla $3/8"$ de por lo menos 60 cm de altura y espaciados 40 cm entre ellos (Figura 4). La separación de la "U", como se había mencionado anteriormente, la define el espesor del panel a utilizar. Antes de empezar a construir las zapatas corridas, es necesario hacer los trazos de la red hidráulica y de drenaje, para verificar si es posible su instalación posterior, o realizarlas antes si van a interferir en la construcción de las zapatas. En caso de llevar instalaciones subterráneas (eléctricas, de computación, de telefonía etc.) es también aquí el momento de tomar las medidas y precauciones que convengan a cada caso.

Figura 4. Detalle de zapata corrida tipo lindero, y tipo central o muros carentes de vecinos.



3.1.3 Mampostería de piedra braza

Este procedimiento es sin duda el más utilizado en la autoconstrucción, pues solo se requiere de abrir cepas o zanjas de 40 cm de espesor. En zonas rocosas la profundidad está delimitada por la dificultad de poder excavar a mano, y teniendo en cuenta que se requiere un mínimo de 70 cm de profundidad para una construcción tradicional, se logra esto a base de romper con marro o porra la roca existente, o sacándola de su sitio con barras y/o excavación excedente. En el caso de terrenos planos y de alta estabilidad, se excavan las cepas también de 40 cm de espesor hasta encontrar el estrato que muestre un

grado de compactación uniforme. Tomando en cuenta que se requiere una profundidad de 90 cm como mínimo para una construcción tradicional. Acto seguido, se procede a realizar el relleno o mamposteo, a base de rellenar con piedra brasa la cepa y incorporarle una mortero pobre de cal hidratada y arena amarilla. Se aprovecha para ir insertando el armado de los castillos. Después de estar anclados los castillos en el mamposteo, se nivela la cimentación con mortero y rajuelas de piedra brasa, y se procede al colado de la dala de desplante (sobrecimiento), armada con 4 varillas 3/8" y estribos de alambra 1/4" colocados a cada 40 cm, esta dala también puede ser habilitada con acero de refuerzo de alta resistencia tipo Armex 15-15-4. Para la construcción a base de paneles prefabricados de EPS, la cimentación es mucho más sencilla:

- Excavar un mínimo de 45 cm. para viviendas de una planta, con la finalidad de iniciar el desplante del cimiento.
- Se realizan los anclajes de castillos (columnas) de forma similar al tradicional, no importando la ubicación de los mismos, Deberán de estar a una distancia entre 2.00 y 3.00 metros uno de otro, a lo largo de toda la cimentación.
- Se habilita y se coloca la dala de desplante a lo largo de toda la cimentación. Los castillos se unen al armado de la dala de cimentación, cortándolos y doblando las puntas al armado de la dala, se refuerzan los amarres con escuadras de varilla 3/8". Los castillos en ningún caso deberán sobrepasar en altura a la dala terminada.
- Se colocarán antes del colado de la dala de desplante, bastones verticales en forma de "U" de varilla 3/8" de por lo menos 60 cm de altura y espaciados 40 cm entre ellos. La separación de la "U" la define el espesor del panel a utilizar.

La dala de desplante, o sobrecimiento, deberá correr a todo lo largo del perímetro de la vivienda y por donde se encuentren posteriormente ubicados los muros del primer nivel. Teniendo en cuenta de que en ningún lugar deberá de ser seccionada para dejar paso a vanos de puertas, como desafortunadamente se acostumbra construir. El seccionar la dala de desplante no permite que se distribuyan proporcionalmente el esfuerzo de cargas en toda la cimentación.

3.1.4 Colocación tradicional de muros de Panel Estructural RYMSA

En la construcción de una vivienda con el sistema RYMSA a base de paneles prefabricados, independientemente de cuál tipo de cimentación se haya elegido, el montaje de muros se realiza de manera similar; cada *Panel Estructural RYMSA* tiene dos cejas para traslape y conexión. Los paneles se colocarán insertándolos entre las *Varillas en "U"* para después amarrarlos a éstas con alambre recocado (Figura 5). El *Panel Estructural RYMSA* se coloca con el extremo que lleva puntas largas hacia abajo; mientras que el extremo con alambres transversales más cercanos queda en la parte superior.

Se procede a conectar los paneles entre sí con el Seguripanel RYMSA o con flejes colocados con grapadora neumática. Cada ensamble o empalme deberá llevar siete amarres como mínimo a cada 20 cm distantes uno del otro. En esta etapa se debe cuidar especialmente la verticalidad y alineación de los paneles para lo cual se utilizan tirantes o puntales de madera como herramientas auxiliares, así como plomada o nivel de gota.

Para unir los paneles en esquinas y techos, se utiliza la Malla "L", retícula de alambre del mismo calibre de los paneles, y predoblada a 90°. La cual también es fijada con Seguripanel RYMSA o con flejes colocados con grapadora neumática.

Para recortar puertas y ventanas, primero se decide su ubicación y medidas, luego se marcan con plumón o aerosol y se recortan las mallas con pinzas corta pernos, finalmente se corta el poliestireno con un cuchillo o segueta.

Figura 5. Vistas progresivas de edificación con panel estructural RYMSA



Fuente: Industrias Rolados y Manufacturas S.A. de C.V. (2008)

Para recubrir el poliestireno en los vanos de las puertas y ventanas se colocarán Mallas “U” y se dejará la preparación para la fijación de los marcos para puertas y ventanas.

Se introducen los ductos destinados a instalaciones eléctricas y sanitarias. Finalmente, se recubren los muros y el techo por la parte inferior con mortero de cemento – arena en proporciones 1:4. En la parte superior del techo se hace un vaciado de una losa de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, colocándose posteriormente el acabado superficial de la azotea que de manera tradicional resalta el uso del ladrillo cocido de arcilla.

3.2 Exploración con la Matriz de Contradicción

Al examinar el parámetro a mejorar contra los que empeoran, se exponen en la *Tabla 1* las principales combinaciones de la Matriz de Contradicción. Enlistando los Principios de Inventiva resultantes de mayor a menor repetición, y analizando al mismo tiempo su posible aportación en todos los incisos a la Innovación Tecnológica buscada, en la *Tabla 2* se presentan los siguientes resultados referentes a los 40 Principios de Inventiva. Resalta la repetición del principio de inventiva 10, seguidos de los principios 3 y 29.

Con lo obtenido en las *Tablas 1 y 2*, se logra llegar a la selección de 3 principios de inventiva que aplican de la totalidad de 40 Principios de Inventiva propuestos por la Metodología TRIZ y haciendo uso de la metodología de Ecodiseño, los resultados finales permitieron hacer fácil el detectar la solución a la problemática de estudio. Todo se resume

Tabla 1. Resultados de las principales combinaciones de la matriz de contradicción.

 EMPEORA	26 Cantidad de Sustancia	32 Facilidad de Fabricación	35 Adaptabilidad	39 Productividad
 MEJORA				
14 Resistencia	29, 10 y 27	11, 3, 10 y 32	15, 3 y 32	29, 35, 10 y 14

Fuente: *Elaborada por los autores del estudio. (2010)*

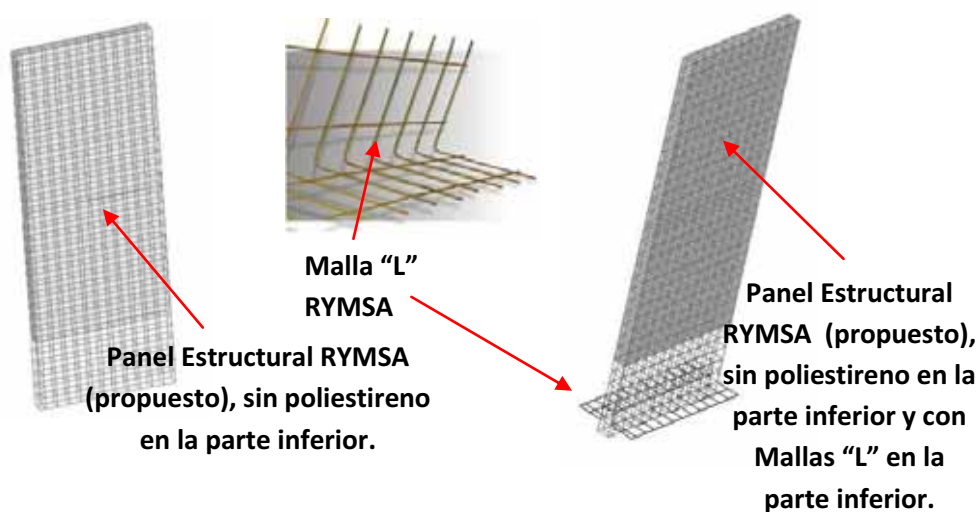
Tabla 2. Resultados de las principales Principios de Inventiva obtenidos para la mejora de la resistencia de cimentación, sobrecimientos y columnas.

PRINCIPIO DE INVENTIVA	Repetición	Factibilidad	Descripción
10. Acción Anticipada	3	APLICA Inciso B	Arreglar objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado.
03. Calidad Local	2	APLICA Inciso B	Que partes de un objeto tengan varias funciones.
29. Emplear un Sistema Hidráulico o Neumático	2	APLICA	Emplear un Sistema Hidráulico o Neumático
32. Cambio de Color	2	NO APLICA	
11. Acolchonado Anticipado	1	NO APLICA	
14. Esfericidad	1	NO APLICA	
15. Incremento Dinámico	1	NO APLICA	
27. Desechar	1	NO APLICA	
35. Transferencia de Propiedades	1	NO APLICA	

Fuente: *Elaborada por los autores del estudio. (2010)*

en arreglar (prefabricar, o montar elementos con antelación la estructura principal de cimentación, es decir, unir el muro (Panel Estructural RYMSA) con el elemento de cimentación antes de incorporarse a la cepa de destino final. Con esto se acata la sugerencia del décimo principio de inventiva definido como el de Acción Anticipada (Figuras 6 y 7). La Malla "L" originalmente utilizada en la unión de muros y techos, brinda un aporte ideal a la solución de ésta problemática. Se propone que también sea utilizada en sentido horizontal en la parte inferior de los muros (con esto se respeta el tercer principio de inventiva, que partes de un objeto tengan varias funciones), y al utilizar grapadora neumática para su fijación, como de hecho se realiza originalmente para reducir tiempo de ejecución (se cumple también el vigésimo noveno principio de inventiva), logrando con esto una solución integral a la problemática planteada inicialmente. Se sugiere que la Malla "L" quede a 4 cm elevada del nivel de terreno, para que el posterior colado con concreto brinde el recubrimiento inferior necesario a la ahora monolítica zapata corrida por construir. Se propone añadir 55 cm más a la longitud de altura del Panel Estructural RYMSA, con la finalidad de ocupar 40 cm de altura de zapata y 15 cm como altura de sobrecimiento (dala de desplante). Estos últimos 55 cm de altura, no deberán tener poliestireno expandido de relleno, cuestión que es sencillo manejarlo desde la manufactura inicial en la industria del Panel Estructural RYMSA.

Figura 6. Dibujo esquemático que muestra el nuevo Panel Estructural RYMSA, y la colocación de las Mallas "L" en la parte inferior, para conformar la Zapata Corrida de Cimentación.



En caso de requerir construir una vivienda de dos niveles, basta añadir solamente una varilla o cabila de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, en el sentido longitudinal de la zapata corrida, al centro de la parte horizontal de la Malla "L" en cada costado si es zapata central, o en el costado interior si es zapata lindero. Esto únicamente para contrarrestar los momentos de esfuerzo que pudiesen recibir los muros.

En el caso de los sobrecimientos que vayan a ser contruidos sobre cimientos de mampostería o similares (Figura 8), bastara con retirar 15 o 20 cm de poliestireno según la elección de la altura requerida, e introducir varilla de $\frac{3}{8}$ " en el sentido longitudinal del muro, por dentro de la malla del panel RYMSA. El número común de varillas a utilizar será de 4, pero se puede reforzar la cantidad según sea el caso. Este mismo procedimiento se propone para las columnas (castillos); pero obviamente manejo es en sentido vertical.

Figura 7. Propuesta de Panel Estructural RYMSA, sin poliestireno en la parte inferior, colocación de Malla "L" RYMSA en sentido longitudinal en la parte inferior del panel. Esquemas Tipo para Zapata Corrida de Lindero y Central.

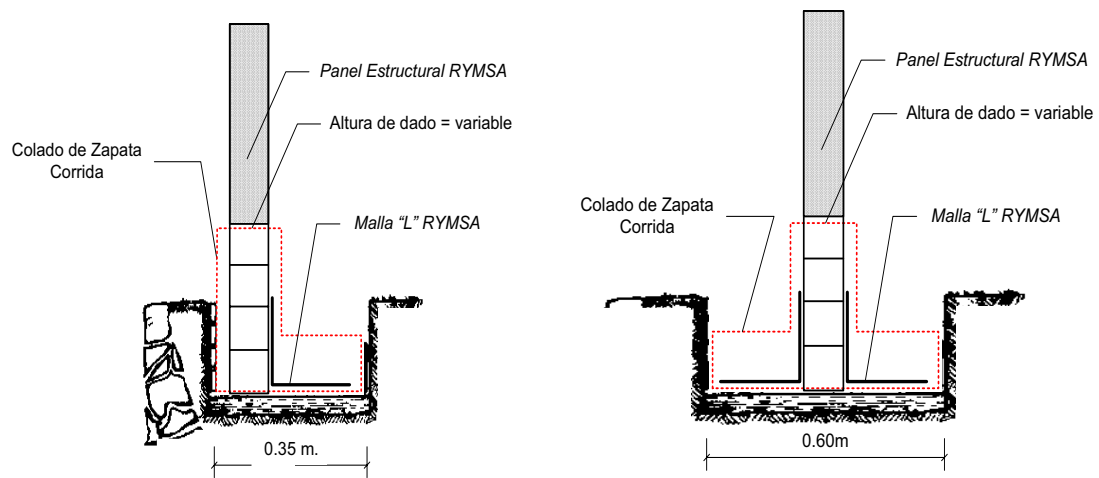


Figura 8. Sobrecimiento o Dala de Desplante, sobre mampostería. Mismo tratamiento en caso de requerir columnas o castillos. Ver en figura tratamiento diferente en caso de columnas de dimensiones especiales.



Fuente: Industrias Rolados y Manufacturas S.A. de C.V. (2009)

3.3 Definición de las propuestas de rediseño del panel EPS-RYMSA a partir de las estrategias de Ecodiseño

La ecoinnovación requiere en la actualidad apoyarse en la visión integradora de los aspectos ambientales tal como lo plantea el Ecodiseño (Capuz y Gómez, 2002), pero debe ascender a planos más amplios de los aspectos sociales, económicos, políticos y culturales según los preceptos de la Integración Ambiental y la Ciencia del Proyecto como lo exponen Contreras, Cloquell y Owen de Contreras (2007) a partir de su propuesta de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI). En este trabajo, en conjunto con la aplicación de la Metodología TRIZ y la aplicación de la Rueda de las Estrategias del Ecodiseño o eco-compas (Rueda de LiDS de Van Hemel, 1995), se logra de manera exitosa el rediseño del panel tradicional de EPS-RYMSA hacia la proyección de un panel estructural con fines de cimentación prefabricada (Figuras 6 y 7), y retirando fácilmente, según necesidades, material de manufactura, se pueden anidar dentro del mismo los elementos estructurales requeridos. Tales como los sobrecimientos o dalas, y las columnas o castillos (Figura 8). Desde el punto de vista del Ecodiseño se logró obtener los siguientes resultados según las consideraciones planteadas en el apartado 2. Caso de Estudio:

- La elección del producto. Con los análisis del estado del arte actual en la cual la Empresa Rolados y Manufacturas S.A. de Capital Variable, en Guadalajara Jalisco, México, venía realizando la manufactura de viviendas a partir del uso del panel estructural EPS-RYMSA, el equipo técnico, en una primera aproximación de conceptos generadores de diseño a través de una lluvia de ideas, lograron definir las formas más sencillas de encontrar solución al problema a partir de lo establecido por la Matriz de Contradicciones y los 40 Principios de Inventiva de la Metodología TRIZ. De las alternativas surgidas, se seleccionó el concepto generador de diseño de un panel estructural EPS-RYMSA Cimentación Corrida, con la proyección estructural de los aceros del panel y el adosamiento de la Malla "L", según sea la ubicación del muro, es decir, de lindero o central (Figura 7). Se seleccionó también la de dalas y castillos anidados en muros (sobrecimientos y columnas).
- Aunque el Ecodiseño es capaz de innovar radicalmente tanto los sistemas como los productos de una empresa, también puede proponer cosas sencillas, como es el caso al cual se ha llegado tecnológicamente en el presente trabajo, solución que repercutirá con resultados positivos a corto plazo. Según los cuatro niveles de aplicación del Ecodiseño, y por tanto cuatro tipos de resultados diferentes: a. Nivel 1. Mejora del producto: mejora progresiva e incremental; b. Nivel 2: Rediseño del producto; nuevo producto sobre la base de otro existente; c. Nivel 3: Nuevo producto en concepto y definición; innovación radical del producto; a. Nivel 4: Definición de un nuevo Sistema; innovación radical del Sistema. De ahí que la presente propuesta se ubicó en el Nivel 2.
- Análisis ambiental del producto. El análisis ambiental del producto se realizó a partir del Método de Análisis de Ciclo de Vida ACV-Coclowen, en el cual se determinaron los siguientes aspectos: se genera un menor consumo de materia prima de acero y de cemento; menor desperdicio de materiales; menores consumos de combustible por el transporte de diversas materias primas desde la fuente hasta la edificación; una mayor racionalización de procesos, costos de montaje y tiempos.
- Análisis de verificación de los aspectos ambientales y creativos del producto. Al realizar el uso de la herramienta técnica de la Rueda de las Estrategias de Ecodiseño (LiDS: Van Hemel, 1995), se determinan similares aspectos a los desarrollados en el análisis de ciclo de vida, los cuales permiten considerarse, para su mejora, en la etapa de manufactura del mismo. Así se pueden mencionar

brevemente algunas consideraciones técnicas-ambientales alcanzadas con el presente proyecto:

- a) Selección de materiales de bajo impacto: no logradas porque se hace uso de la misma materia prima EPS y los aceros estructurales del panel.
- b) Reducción de la cantidad de material usado: repercute en la fase de construcción de la vivienda con menor cantidad de acero estructural, cemento, grava y arena por el uso de formaletas para lograr la cimentación corrida.
- c) Selección de técnicas de producción ambientalmente eficientes: por lograr a partir de la instrumentación en la industria fabricante de procesos y tecnologías más limpias para la disminución de residuos, emisiones y vertidos, así como la seguridad industrial de sus trabajadores.
- d) Selección de técnicas de distribución ambientalmente más eficientes: por lograr en el rediseño de las rutas de distribución comercial de los paneles hacia distribuidores y constructores.
- e) Reducción de los impactos ambientales en la fase de utilización: por lograr en el proceso de construcción, previo desarrollo por parte de los arquitectos de proyectos de viviendas modulares y prefabricadas, donde se disminuyan los residuos de materias primas y desechos de construcción en obra. Esta propuesta tiene a definir la proyección futura de estilos hacia la arquitectura moderna y minimalista.
- f) Optimización del ciclo de vida: alcanzado con la propuesta de rediseño, ya que permite construir con los nuevos paneles EPS-RYMSA edificaciones, por igual resistentes y seguras en el tiempo, alargando su periodo de uso y su posterior demolición, como la generación de residuos al ambiente.
- g) Optimización del Sistema de Fin de Vida: de manera similar a lo planteado en el punto anterior, se propone cambiar la redimensión de uso del producto EPS-RYMSA para ser incorporado en la formación de pisos en sustitución de la losa corrida de concreto u hormigón, la colocación de la vivienda sobre una cimentación corrida, entre otros.
- h) Optimizar la función (nuevas ideas de producto): por lograr en próximas propuestas, y donde los autores del presente trabajo proyectan desarrollar la sustitución del EPS por el agave residual que queda de la destilación del tequila en el estado Jalisco, México, o por fibras/pajilla/lana de madera o gramíneas con la misma función de relleno encapsulado dentro de la doble redícula de acero.

Similar a la Rueda LiDS, las Estrategias PILOT (PILOT, 2009), que a su vez propone estrategias específicas para cada fase del ciclo de vida del producto, donde primero se analiza cual es la fase donde se generan los mayores impactos ambientales negativos y así proponer tomas de decisiones para la mejora de procesos y servicios. Según la tipología de productos propuestas por PILOT, el panel estructural rediseñado EPS-RYMSA, se ubica en la categoría Tipo B: Fabricación intensiva. Esto en razón de que es en la fase de fabricación del panel donde se desarrollan los mayores impactos negativos del producto, por el uso de materias primas de hidrocarburos, junto con las emisiones y contaminaciones en la fuente, transformación y fabricación final. Además de altos consumos energéticos.

Detalles del concepto del rediseño:

El equipo técnico elaboró todo un pliego de condiciones técnico-ambientales de forma que la empresa pueda desarrollar todo un plan de producción, comercialización, mantenimiento y fin de vida del producto.

Proceso futuro de evaluación y continuación del proceso de Ecodiseño:

Se realizó un pliego de recomendaciones a la empresa a fin de evaluar el rediseño del nuevo producto desarrollado, como a nivel del propio proyecto de Ecodiseño, todo ello con el fin de poder extraer los aspectos más positivos de la experiencia realizada. Se resumen en: generación de una alternativa constructiva más racional y rápida de emplear en obra, lo cual repercutirá en los niveles de Ecoeficiencia de la empresa, mayor ganancia económica, menor impacto ambiental y costos competitivos para la oferta de viviendas en México.

4. Conclusión y recomendaciones

El presente trabajo utilizó la Metodología TRIZ y las estrategias de Ecodiseño a fin de mejorar aspectos de procesos de fabricación de viviendas, aspectos ambientales y propiedades de resistencia del sistema constructivo para viviendas a base de paneles EPS (Panel Estructural RYMSA), llegándose a obtener: un modelo de cimentación, a partir de utilizar el mismo Panel Estructural RYMSA, que ahora conjuntado con un accesorio de montaje conocido como Malla "L", propio del mismo sistema constructivo, pero colocado horizontalmente con una variante de utilización en la parte inferior del panel de muro. Colocados así, estos accesorios, y después de terminado su proceso constructivo, brindan los elementos necesarios de soporte y resistencia para producir una zapata corrida que funciona como elemento estructural monolítico; se obtienen mejores resultados tecnológicos y de calidad en las propiedades físicas y mecánicas al alcanzar mayores valores de resistencia que el tradicional mamposteo, mayor facilidad constructiva, optimización de costos y tiempos en la ejecución de obras.

Para el caso de los sobrecimientos (dalas y castillos), se recomienda retirar el poliestireno de los paneles existentes según las necesidades y/o especificaciones, tanto en el sentido horizontal como vertical. Reforzar con varilla de acero (cabillas en Venezuela) del diámetro propuesto por el cálculo estructural, pensando éste, que dicho refuerzo se encontrara alojado en la parte interna de las mallas laterales.

Desde el punto de vista ambiental, al realizar en la industria la prefabricación del nuevo panel EPS-RYMSA respecto a la forma tradicional de realizar las cimentaciones, dalas y castillos con la cual la empresa realizaba las viviendas, la Rueda de las Estrategias del Ecodiseño o eco-compas (Rueda de LiDS de Van Hemel, 1995) permitió determinar, fundamentalmente, que se genera un menor consumo de materia prima de acero y de cemento, menor desperdicio de materiales, sin dejar de lado los menores consumos de combustible por el transporte de diversas materias primas desde la fuente hasta la edificación, por ende, una mayor racionalización de procesos, costos de montaje y tiempos. Se recomienda, a partir de la presente propuesta de rediseño tecnológico de un producto industrial de panel estructural de EPS- RYMSA, que la industria lo aplique a corto plazo en sus futuros proyectos de construcción de viviendas en México y así poder determinar los alcances de lo desarrollado en el trabajo.

5. Agradecimientos

Los autores hacen un formal agradecimiento a la Empresa Rolados y Manufacturas S.A. de Capital Variable, en Guadalajara Jalisco, México, y a su propietario Lic. Javier Regalado Hernández, por permitir el desarrollo del presente trabajo, para bien de la industria y de los niveles de pragmatismo que requiere la academia, lo cual repercute en una mejor educación y compromiso por el avance tecnológico del país.

6. Referencias bibliográficas

- Altshuller, G. (1997). 40 Principles TRIZ Keys to Technical Innovation. Massachusetts Technical Innovation Center. U.S.A. 356 p.
- Brezet, H. & Van Hemel, C. (1997). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. UNEP Industry and Environment. Germany. 276 p.
- Capuz, S. y Gómez, T. (2002). Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida de los productos industriales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 268 p.
- Contreras, W. (2006). Propuesta metodológica de Diseño Ambientalmente Integrado para proyectos de diseño de productos forestales laminados encolados con calidad estructural. Tesis Doctoral. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 650 p.
- Contreras, W., Cloquell, V. y Owen de Contreras, M. (2007). El diseño ambientalmente integrado (dAI), en el desarrollo de nuevos productos de madera. Editorial Fundación Politécnica Antiguos Alumnos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 275 p.
- Cloquell, V., Contreras, W. y Owen de Contreras, M. (2007). La madera y los productos forestales en sistemas estructurales. Aspectos técnicos y medioambientales. Editorial Fundación Politécnica Antiguos Alumnos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 326 p.
- Coronado, M., Oropeza, R. y Rico, E. (2005). TRIZ La Metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática, Editorial Panorama, México. 456 p.
- Marín, A. (2009). La Metodología TRIZ. En: [http:// www.techba.com/wiki/index.php?title=The_TRIZ_Methodology](http://www.techba.com/wiki/index.php?title=The_TRIZ_Methodology) [Consultado: 20/08/ 2009].
- Mejía, D. A. (1996). Problemática actual en la construcción y sus perspectivas. Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de Jalisco A.C., Cuciénega, Jalisco. 24 p.
- Molders Association. (2009). Expanded Polystyrene (EPS). En: <http://www.epsmolders.org/> [Consultado: 27/08/ 2009].
- Naisbitt, J. & Aburdene, P. (1990). Megatendencias 2000. Editorial Norma. Barcelona, España. 320 p.
- Oropeza, R. (2007), Innovación tecnológica sistemáticamente acelerada mediante TRIZ, Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología del Estado de Nuevo León (IITENL) y la Asociación Mexicana de TRIZ (AMETRIZ). México. 278 p.
- Pilot, (2009). Ecodesign Pilot. En: <http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/INDEX.HTM> [Consultado: 13/08/ 2009].
- Rolados y Manufacturas S.A. de C.V. (2008). Viviendas prefabricadas con EPS-RYMSA. En: <http://panelrymsa.com/index.php> [Consultado: 12/07/ 2009].
- Strasser CH. & Wimmer W. (2003). Ecoinnovation, combining ecodesign and TRIZ for environmentally sound product development. Proceedings of the ICED International Conferences on Engineering Design. Stockholm, Sweden. 56 p.
- The BPF EPS Group, (2009). Expanded polystyrene (EPS). En: <http://www.eps.co.uk/> [Consultado: 27/08/ 2009].
- Van Hemel, C. (1995). The LiDS Wheel. University Technology Delft. Delft, Germany. 175 p.