

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



**INFORME FINAL DE CURSO DE PREESPECIALIZACION EN GESTION Y
TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

“CUALIFICACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS DE INTERÉS
SOCIAL UTILIZANDO EL ELECTROPANEL.”

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Br. FERNÁNDEZ CASTAÑEDA, HUGO OTONIEL.	N° CARNÉ FC16001
Br. IGLESIAS AMAYA, KEVIN ISAAC.	N° CARNÉ IA17001
Br. RAMÍREZ DÍAZ, EFRAÍN ALEXANDER.	N° CARNÉ RD 17011

DOCENTE ASESOR:

MSC. ARQ. MILTON RICARDO ANDRADE CHINCHILLA.

NOVIEMBRE DE 2023

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



RECTOR:

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADEMICA:

DR. EVELYN BEATRIZ FARFÁN.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:

MSC ROGER ARMANDO ARIAS.

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ALARCÓN.

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIO:

LIC. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE.

FISCAL GENERAL:

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN.

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**AUTORIDADES****DECANO:**

MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO.

VICEDECANO:

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA.

SECRETARIO:

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ.

DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

MTRO. EVER ANTONIO PADILLA LAZO.

DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO:

ING. RIGOBERTO LOPEZ.

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
Objetivos	12
Objetivo general.....	12
Objetivo específico.	12
Justificación.	13
Metodología.	14
ANTECEDENTES	17
Viviendas de interés social.....	17
Características de las viviendas de interés social:	18
Enfoque constructivo en viviendas de interés social.	19
Estrategias constructivas en viviendas de interés social.....	21
Prefabricación.....	22
Sistema constructivo.....	23
Electropanel.....	24
Materiales que constituyen al electropanel.....	26
Propiedades físicas y mecánicas del electropanel.	31
Normativa para electropanel.	32
Aplicación de electropanel en casas de interés social.	38
Procesos constructivos utilizando electropaneles.	41
Instalación de muros de electropanel sobre cimientos..	41
Levantado y fundación de muros.	51
Secuencia de montaje con paredes de electropanel.....	52
Método de instalación de losas para techos con electropanel. .	54
Instalaciones.....	59
Aplicación del recubrimiento de la losa.....	60
Acabado final.	61

CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA.....	65

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Normativas de propiedades mecánicas del electropanel.	32
Tabla 2. Normativa de materiales a utilizar en la instalación de electropanel.	33
Tabla 3. Características térmicas en electropanel	34
Tabla 4. Tabla de capacidades de carga por espesor de electropanel.	35
Tabla 5. Dimensiones de electropanel comercial.	36
Tabla 6. Refuerzos para la instalación de electropanel Losa de 3”	37
Tabla 7. Refuerzos para la instalación de electropanel Losa de 4”	37

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema de distribución de espacios en casa de interés social.	20
Figura 2. Despiece de edificación modular.	21
Figura 3. Esquema de composición de electropanel prefabricado.....	25
Figura 4. Malla electrosoldada en Electropanel super estructural Monolit.....	26
Figura 5. Planchas de poliestireno expandido para la fabricación de Electropanel.....	27
Figura 6. Cemento Holcim fuerte de uso general tipo GU.....	29
Figura 7. Cemento Holcim blanco	29
Figura 8. Impermeabilizante para morteros de repello	31
Figura 9. Detalle de cimentación en muros.....	42
Figura 10. Ejemplo de cronograma de actividades.....	43
Figura 11. Certificado de calibración de equipo; Certificación de estación total por GeoTop Geodesia y Topografía.	44
Figura 12. Verificación de coordenadas de banco de marca	45
Figura 13. Replanteo de proyecto	46
Figura 14. Colocación de niveletas de madera.....	46
Figura 15. Excavación de vigas de cimentación	47
Figura 16. Instalaciones sanitarias en losa de cimentación.	47
Figura 17. Armadura y refuerzos en losa de cimentación.	48
Figura 18. Anclaje de paredes.....	49
Figura 19. Recibidores de cortante y anclaje de muros.....	50
Figura 20. Levantado de muros de electropanel super estructural Monolit	51
Figura 21. Detalle de colocación de refuerzo en la losa.....	55
Figura 22. Detalle de apuntalamiento para colocación de losa	56
Figura 23. Detalle de contraflecha en el centro del claro de la losa.....	57
Figura 24. Modulaciones de colocación del Electropanel en la losa.....	58

Figura 25. Detalle de colocación de acero de refuerzo.	58
Figura 26. Detalle de conexiones eléctricas en losa con Electropanel w.....	59
Figura 27. Detalle de acabado final en losa de electropanel.....	61

RESUMEN.

La presente investigación se enfoca en examinar detalladamente la implementación de paneles prefabricados de electropanel en el ámbito de las viviendas de interés social en El Salvador, con el propósito de explorar a fondo las múltiples ventajas inherentes al uso de materiales prefabricados en la construcción de viviendas asequibles. La adopción de esta tecnología se considera clave para abordar desafíos significativos en el desarrollo de proyectos habitacionales, especialmente aquellos destinados a comunidades de bajos recursos. La versatilidad de los paneles prefabricados de electropanel se analiza en términos de eficiencia en el tiempo de construcción, donde la fabricación en condiciones controladas permite reducir considerablemente los plazos de ejecución. Este aspecto cobra especial importancia en el contexto de viviendas de interés social, donde la urgencia por proporcionar soluciones habitacionales asequibles y de calidad es apremiante. OBJETIVOS. Cualificar las características del método constructivo con electropaneles en viviendas de interés social de un nivel. METODOLOGIA. La investigación se basó en el método de investigación descriptiva, ya que, será la base de la interpretación de investigaciones y hechos. Por tanto, se desarrollará por medio de investigación documental, lecturas, selección, clasificación y análisis de toda la información recopilada.

Palabras Clave: Métodos constructivos, vivienda de interés social, electropanel.

ABSTRACT.

The present study focuses on thoroughly examining the implementation of prefabricated electropanels in the realm of low-income housing in El Salvador, aiming to explore the multiple inherent advantages of using prefabricated materials in the construction of affordable housing thoroughly. Using this technology is very important to solve the problems faced when developing housing projects for low-income communities. The versatility of prefabricated electropanels is analyzed in the context of construction time efficiency, where manufacturing under controlled conditions significantly reduces execution timelines. This is very important in low-income housing, where it is urgent to provide affordable and quality housing solutions. **OBJECTIVES:** to assess the characteristics of the construction method using electropanels in single-story low-income house. **METHODOLOGY:** the research uses descriptive methodology to interpret research and facts. Therefore, it will be conducted through documentary research, readings, selection, classification, and analysis of all collected information.

Keywords: Construction methods, low-income housing, electropanel.

INTRODUCCIÓN.

En la ingeniería civil, la construcción de viviendas asequibles y de bajo costo siempre han resultado un desafío de importancia crítica. La necesidad de abordar este problema ha llevado a la búsqueda de constantes métodos constructivos eficientes y sostenibles. Un enfoque prometedor es la utilización de electropaneles. Este enfoque promete no solo reducir costos, sino también optimizar el uso de los recursos, minimizar los desperdicios en obra y mejorar la calidad de vida.

En este ensayo de investigación, exploraremos a fondo el uso de los electropaneles como método constructivo, analizando las ventajas, desventajas y desafíos técnicos de esta metodología, exponiendo sus diferencias frente a procesos constructivos tradicionales y ofreciendo recomendaciones basadas en evidencia para su aplicación óptima en proyectos de construcción de viviendas de interés social.

Objetivos.***Objetivo general.***

- Cualificar las características del método constructivo con electropaneles en viviendas de interés social de un nivel.

Objetivo específico.

- Identificar los desafíos técnicos y logísticos asociados a la implementación de electropaneles como método de construcción de viviendas.
- Investigar la normativas y estándares de construcción que influyen en la implementación de electropaneles en casa de interés social.

Justificación.

Un país pobre como el nuestro no cuenta con los recursos económicos para financiar proyectos de vivienda, no se tiene el dinero ni aún suficiente para tal efecto, y pues el sector público no tiene la capacidad para atender las necesidades de vivienda. El primer efecto visible de este problema es la estrechez de liquidez del Fondo Social para la Vivienda para financiar los créditos de largo plazo para adquisición de vivienda de un volumen de construcción; el segundo efecto, es un comportamiento recesivo de la demanda, ya que a pesar de existir la oferta de viviendas con sus correspondientes financiamientos subsidiados y aunque exista una demanda insatisfecha, lo cierto es que ni los constructores venden, ni los compradores adquieren vivienda.

Otro de los problemas habitacionales a que se enfrentan las familias, es el acceso a la tierra especialmente la urbana, ya que el mercado de la tierra se ha concentrado y elevándose su valor, lo que estimula la informalidad en los procesos de urbanización ante la imposibilidad de las familias de bajos ingresos de acudir al mercado formal, estimulando el surgimiento de urbanizaciones clandestinas, sin servicios públicos básicos.

El panorama anterior, muestra cómo los problemas de servicios básicos y tenencia de las viviendas deben ser considerados dentro de los programas habitacionales, los cuales deben surgir como resultado de la evaluación de nuevas políticas de vivienda, especialmente encaminados al mejoramiento de vivienda, que es el factor de mayor peso dentro del déficit habitacional, los programas deben dirigirse a contribuir a solucionar las carencias expresadas en la inestabilidad de las estructuras, falta de servicios básicos e ilegalidad en la tenencia.

Estos problemas coyunturales se podrían evitar con una política de vivienda, que vele tanto por el acceso al financiamiento de las familias de todos los estratos sociales,

así como de la salud de las empresas de la construcción y de las instituciones y bancos dedicadas a su financiamiento.

Metodología.

Para el efecto del presente ensayo se utilizará como guía el método de investigación descriptiva, ya que, será la base de la interpretación de investigaciones y hechos. Por tanto, se desarrollará por medio de la investigación documental, lecturas, selección, clasificación y análisis de toda la información recopilada sobre el tema.

1. Investigación preliminar, en esta fase se llevarán a cabo la revisión exhaustiva de la literatura existente, explorando investigaciones, informes técnicos y documentos relevantes que proporcionan los fabricantes, para comprender el estado actual del conocimiento en el tema.

Simultáneamente, se realizarán observaciones en campo, para ahondar en el objeto de estudio. La combinación de revisión bibliográfica y la observación directa tendrá como objetivo el identificar las áreas de interés para centrar el presente ensayo. De igual manera, la literatura proporcionará un contexto histórico y teórico, mientras que el campo puede ofrecer una perspectiva práctica, revelando detalles que pueden no estar completamente documentados y si ese fuese el caso, deberán ser registrados.

Con este enfoque, se pretende delimitar la dirección y alcance del ensayo, para poder así establecer los fundamentos para un análisis detallado de la investigación.

2. Recopilación de información preliminar, esta fase representará un papel crucial para la construcción del marco teórico del presente ensayo. Durante este proceso, se recopilará información técnica y normativa vigente, con el propósito de obtener una comprensión sólida y actualizada del estado actual del conocimiento sobre el proceso constructivo para casas habitacionales utilizando los electropaneles.

En esta fase, será de importancia mencionar los documentos normativos vigentes para contextualizar el estudio en el marco de los estándares actuales, para asegurar que la investigación se desarrolle conforme a las normativas vigentes y aceptadas para los elementos prefabricados, así como los materiales que componen su fabricación y la de los materiales necesarios para la instalación de electropaneles en la construcción.

De esta manera, la información preliminar no solo establecerá el punto de partida del ensayo, sino también, orientar la dirección del estudio.

3. Análisis de información técnica del sistema constructivo con electropaneles. En esta se llevará a cabo la evaluación minuciosa de los datos, especificaciones y detalles técnicos asociados a la implementación y funcionamiento de los electropaneles como método constructivo. Este proceso implica una comprensión de las características esenciales del material, abordando aspectos para su comprensión ya aplicación efectiva.

A priori, se realizará un desglose detallado de las especificaciones técnicas del electropanel. Esto incluirá un parámetro de capacidad de carga, conductividad térmica y cualquier otra propiedad técnica que sea relevante. Se pretende con este análisis el tener una visión clara de las capacidades intrínsecas del material y de las ventajas que puede aportar en la construcción de casas de interés social.

Además, se abordarán las propiedades físicas, mecánicas y estructurales de los electropaneles de uso comercial en nuestro medio. Este enfoque permitirá evaluar no solo su resistencia y durabilidad, sino también la adaptabilidad a diferentes usos constructivos, con el objetivo de analizar la forma en la que estas propiedades pueden influir en la eficiencia de los procesos constructivos.

4. Propuestas de implementación para el sistema constructivo con la utilización de electropaneles. Se busca describir estrategias y guías técnicas que permitan la integración exitosa de los electropaneles en el proceso constructivo de viviendas de interés social.

Se presentarán estrategias específicas que orienten la incorporación del electropanel en el proceso constructivo. Esto incluirá consideraciones sobre la logística de la entrega, almacenamiento y manipulación de los paneles, así como las técnicas de ensamblaje y su integración con otros elementos constructivos

Además, se detallarán procesos constructivos para la ejecución de las obras, desde la preparación del sitio hasta la fase final de acabados principalmente en los cuadrados o elementos estructurales de una casa habitacional de interés social.

5. Fase de conclusión y recomendación. En esta fase se dará el cierre del estudio, donde se comunicarán las principales conclusiones extraídas de la investigación. Además, en esta se detallarán las recomendaciones específicas diseñadas para informar y guiar a la aplicación efectiva del método constructivo mediante la utilización de electropaneles en el contexto de la construcción de viviendas de interés social.

Las conclusiones abordaran los resultados claves obtenidos a través del análisis de datos teóricos, poniendo en consideración la viabilidad y consideración de factores que están relacionados a la implementación de electropaneles en proyectos de vivienda de interés social.

Las recomendaciones, por otra parte, ofrecerán pautas específicas para la aplicación práctica de electropaneles, estas tomarán en consideración los aspectos estructurales, eficiencia, capacitación de mano de obra y factores relevantes para la integración de esta metodología.

ANTECEDENTES.

La necesidad de viviendas asequibles y adecuadas es evidente. La creciente urbanización y el aumento de la población en muchas áreas urbanas han generado una demanda insostenible en el mercado de la vivienda. Como resultado, muchas personas, especialmente aquellas con ingresos bajos o moderados, se enfrentan a la imposibilidad de adquirir una vivienda adecuada.

La falta de viviendas adecuadas no solo afecta la calidad de vida de las personas, sino que también conduce a problemas de salud, seguridad y bienestar. Las viviendas inadecuadas pueden estar asociadas con hacinamiento, falta de saneamiento, y condiciones precarias que ponen en riesgo la salud de quienes las habitan.

Con esta situación, las viviendas de interés social, o, viviendas de costo reducido, han sido la respuesta efectiva para abordar esta crisis habitacional. Estas viviendas son asequibles y están diseñadas para satisfacer las necesidades básicas de las personas, ofreciendo un lugar seguro y cómodo para vivir. Son una inversión en la dignidad humana y el bienestar de las comunidades.

Además, las viviendas de interés social contribuyen a la reducción de la desigualdad y la exclusión social al permitir que las personas de bajos ingresos accedan a viviendas de calidad en áreas urbanas, lo que a su vez fomenta la integración social y económica.

Viviendas de interés social.

Una casa de interés social se puede traducir como una unidad habitacional diseñada y construida con el propósito específico de brindar soluciones de vivienda asequible a sectores de la población con ingresos limitados. Estas viviendas, también conocidas como viviendas de costo reducido, buscan abordar la creciente demanda de alojamiento asequibles en áreas urbanas o semi rurales.

La importancia de estas cada vez es más notoria, y radica en su capacidad para proporcionar a familias de bajos recursos la oportunidad de adquirir una vivienda propia, contribuyendo así a la estabilidad y arraigo comunitario. Estas casas habitacionales suelen incorporar principios de eficiencia espacial y costos, optimizando recursos para maximizar su accesibilidad.

Desde un enfoque arquitectónico e ingenieril, las casas de interés social se caracterizan generalmente por diseños eficientes, materiales de construcción asequibles y que no necesiten de mano de obra calificada y una planificación cuidadosa de los espacios, para garantizar que estas puedan cumplir estándares de calidad y seguridad a pesar de sus costos reducidos.

Características de las viviendas de interés social:

- **Costos asequibles:** Uno de los aspectos más distintivos de las casas de interés social es su precio. Estas viviendas están diseñadas y construidas de manera eficiente para reducir costos, generalmente se busca que su valor sea igual o menor que 135 salarios mínimos, y es dirigido a un segmento familiar con ingresos igual o menor que cuatro salarios mínimos mensuales, de tal manera que las personas con ingresos limitados puedan adquirirlas.

- **Diseño funcional:** En el contexto de las casas de interés social, el diseño funcional será una referencia de la planificación y disposición de los espacios de manera eficiente y práctica, priorizando la funcionabilidad, la libre circulación entre espacios y la comodidad para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes. Generalmente, los diseños se adaptan a las necesidades cambiantes de los residentes, permitiendo una fácil reconfiguración de los espacios para satisfacer diferentes usos a lo largo del tiempo.

- **Ubicación accesible:** Estas viviendas suelen ubicarse en zonas cercanas a servicios públicos, transporte, educación y empleo. La accesibilidad de esta infraestructura es esencialmente para mejorar la calidad de vida de los residentes y facilitar su integración, aunque con la expansión inmobiliaria de los últimos años, esto cada vez se vuelve más difícil.

- **Infraestructura básica:** Las casas de interés social deben contar con los servicios básicos de agua potable, electricidad y sistemas de alcantarillas, así como acceso a servicios de salud. Estas infraestructuras son fundamentales para garantizar las condiciones de vida adecuadas.

El diseño y fabricación de estas viviendas se caracteriza por su enfoque pragmático eficiente, donde se busca proporcionar soluciones habitacionales asequibles y funcionales, minorizando gastos en la construcción de estas, así como los tiempos de ejecución de los proyectos, de tal manera que sean una respuesta rápida y eficaz para la necesidad inmobiliaria que existe.

Enfoque constructivo en viviendas de interés social.

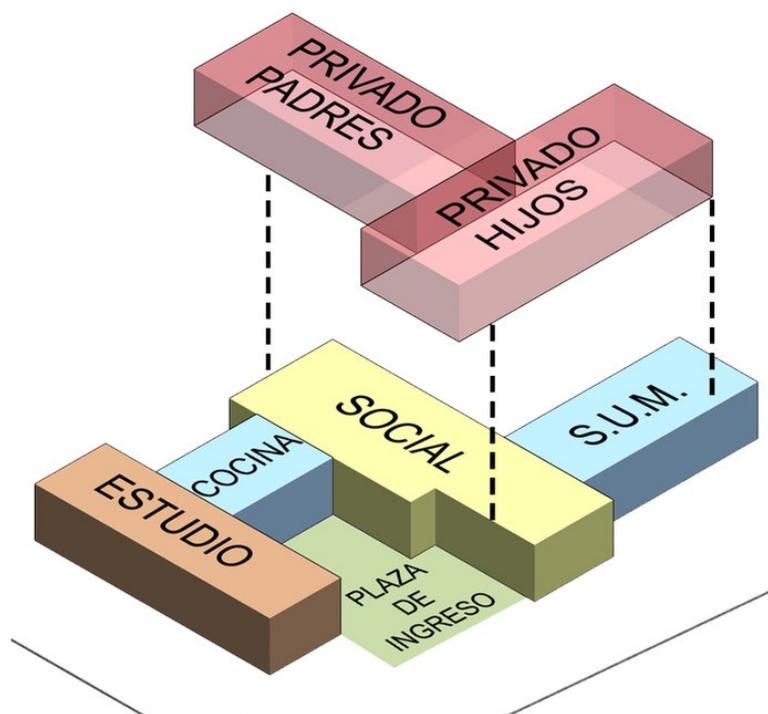
- **Eficiencia espacial:** Se busca priorizar la eficiencia en el uso del espacio. Buscando maximizar la funcionalidad por metro cuadrado de los espacios, evitando perder espacio en áreas de poco uso, la distribución de los espacios está planificado de forma que todo sea compartido para dar sensación de amplitud y garantizar la comodidad de los habitantes, dentro de los límites presupuestarios que estos puedan tener. *Ver figura 1.*

- **Diseños modulares:** En muchos casos, se adopta un enfoque modular en los diseños, permitiendo la construcción rápida y económica. Los módulos prefabricados o preconstruidos pueden acelerar los procesos de edificación y

reduciendo los desperdicios en obra. Esta modularidad también facilita la adaptación a diferentes tamaños de terrenos y configuraciones urbanas. (figura 2).

Figura 1

Esquema de distribución de espacios en casa de interés social.

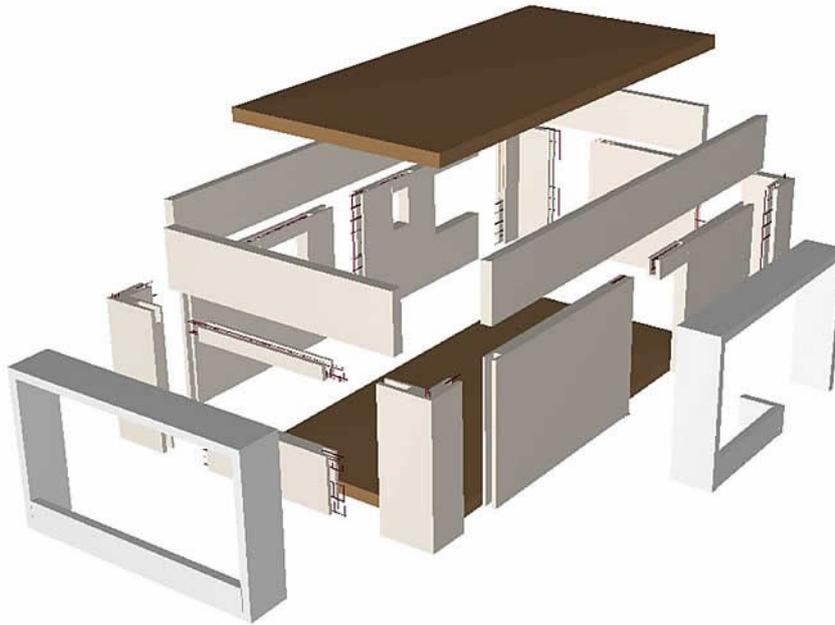


Nota: Esquemas funcionales: estrategias de organización pragmática en casas, por Belén Maiztegui (2011).

Generalmente, su planificación está concebida de tal manera que se utilicen piezas completas de moldes o piezas prefabricadas, con el objetivo de hacer un despiece previo al montaje sea algo sencillo de comprender para las personas que ejecutaran la obra y que estos reduzcan la mayor cantidad posible de desperdicios que puedan producir en los procesos constructivos.

Figura 2

Despiece de edificación modular



. Nota: edificación modular vs industrialización, por EADIC Engineering, Training & Development Solutions (2012).

Estrategias constructivas en viviendas de interés social.

La construcción de viviendas de interés social constituye un gran desafío en el panorama de la ingeniería civil contemporánea. Ante la creciente demanda de soluciones habitacionales asequibles, la implementación de nuevas estrategias constructivas se vuelve algo esencial para el éxito de los proyectos. En este contexto, la importancia de una buena estrategia no solo radica en la optimización de recursos, sino también en la exploración de nuevas opciones de materiales que permitan la creación de entornos habitables que mejoren la calidad de vida de sus residentes.

En primer lugar, las estrategias constructivas eficientes permiten maximizar la relación costo-beneficio en proyectos de viviendas de interés social. Esencialmente, ésta se fundamenta en la selección cuidadosa de los materiales y métodos de construcción que contribuyen a reducir los costos asociados sin poner en juego la

seguridad estructural y funcionalidad de las casas habitacionales. Un ejemplo de estas estrategias es el uso de materiales prefabricados, los cuales emergen como una alternativa que no solo agiliza tiempos de construcción, sino también mínima los desperdicio y optimiza la utilización de recursos, factores que en el proceso de ejecución están ligados directamente a los costos del proyecto.

Además de la eficiencia económica que los materiales prefabricados pueden aportar, las estrategias constructivas asociadas a estos materiales desempeñan un papel esencial en la creación de espacios, que, junto a un óptimo diseño arquitectónico y la integración de sistemas constructivos adecuados, posibilitan la creación de espacios funcionales, confortables y fácilmente adaptables a cualquier residente habitual de esta.

Prefabricación.

Se conoce como prefabricación al sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que, en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, preciso y no laborioso, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción. Tanto es así que, cuando un edificio es prefabricado, las operaciones en el terreno son esencialmente de montaje y no de elaboración. Una buena referencia para conocer el grado de prefabricación de un edificio es la de valorar la cantidad de residuos generados en la obra; cuanta mayor cantidad de escombros y suciedad, menos índice de prefabricación presenta el inmueble.

Se entiende entonces que la construcción utilizando materiales de prefabricación deberá ser en la medida de lo posible, una fase de montaje y detallado, que no necesite mano de obra especializada y pueda ser ejecutado de manera rápida y sin modificaciones aparentes, por medio de montajes de uniones simples para la conformación de su estructura principal.

Sistema constructivo.

Este se refiere a un enfoque o método específico utilizado en la construcción de edificaciones o estructuras. Este enfoque implica una serie de decisiones y procesos técnicos que se aplican de manera consistente para llevar a cabo la planificación, diseño, ejecución y finalización de un proyecto de construcción.

En el campo de la ingeniería civil y la construcción, los sistemas constructivos son una parte fundamental que ha evolucionado significativamente a lo largo de la historia, involucra la selección de materiales, técnicas de construcción, procedimientos, y estándares de calidad que se utilizarán en todo el proceso, estos pueden variar significativamente según el tipo de proyecto, el presupuesto disponible, las condiciones del sitio y las preferencias del equipo de diseño y construcción. Por lo que esta evolución se ha producido en respuesta a una variedad de factores, como avances tecnológicos, cambios en las necesidades de la sociedad y la búsqueda constante de métodos más eficientes y sostenibles en la construcción de edificaciones y estructuras

Históricamente, la construcción se basaba en métodos artesanales y técnicas de construcción que variaban según la región y la cultura. No obstante, a medida que la demanda de viviendas, infraestructura y edificaciones de mayor envergadura se incrementó, se hizo necesario establecer sistemas constructivos más estandarizados y eficientes.

El movimiento de la Revolución Industrial a partir del siglo XVIII marcó un punto de inflexión en la evolución de los sistemas constructivos. La introducción de maquinaria, la producción en serie de materiales de construcción y el desarrollo de nuevas técnicas constructivas permitieron una mayor rapidez en la edificación, lo que fue fundamental para el crecimiento de las ciudades y la expansión de la infraestructura.

En las últimas décadas, la necesidad de abordar desafíos como la sostenibilidad, la crisis económica y la resiliencia ante desastres naturales ha llevado a la investigación y desarrollo de sistemas constructivos más avanzados. Se han adoptado enfoques que incorporan materiales prefabricados que favorecen el avance significativo en las obras de constructivo, impactando de manera sustancial en la reducción de desperdicios, gastos energéticos y costos asociados a los procesos constructivos.

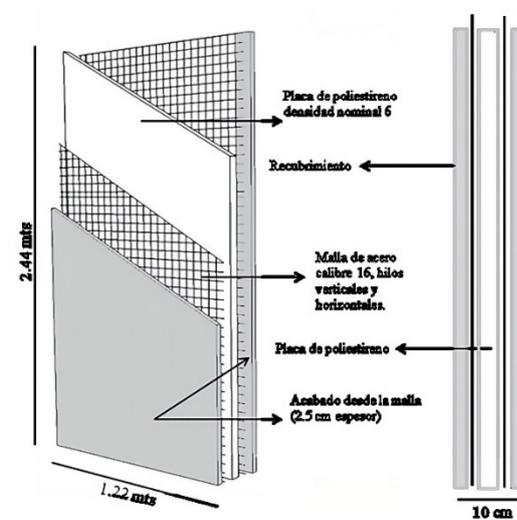
Electropanel.

El electropanel es un material prefabricado, el cual este compuesto por dos mallas electrosoldadas, generalmente de calibre 12 o 14, las cuales se unen entre si por un refuerzo en tipo de escalerilla en forma de zig-zag, para formar una estructura tridimensional de varillas de acero lisas de alta resistencia. Este elemento tiene en su parte central un panel de poliestireno expandido, el cual da como resultado una placa aislante con un cuerpo exterior de acero con un espesor de 7.5 cm. (*figura 3*).

El electropanel resulta apropiado para la construcción de casas habitacional de interés social, ya que, al recubrir los paneles con mortero de concreto por sus dos caras, obtenemos elementos de alta resistencia y bajo peso, que tiene características de durabilidad y resistencia a interiores como intemperie. En contraste con métodos tradicionales de construcción, el electropanel tiene la ventaja de ser fácilmente moldeable, lo cual permite poder cubrir grandes luces horizontales, necesitando menor cantidad de apoyos verticales en la estructura.

Figura 3

Esquema de composición de electropanel prefabricado.



Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit. En la edificación de casas habitacionales, el electropanel se utiliza para construir, tanto paredes internas como externas, como losas de entrepiso. En las viviendas de un nivel los paneles no necesitarán de ningún tipo de refuerzo adicional, sin embargo, en viviendas de dos niveles deberán ser reforzadas con varillas de acero corrugado que será colocado entre su cuerpo de acero y núcleo de poliestireno, tal cual lo indique cada fabricante.

Según los fabricantes nacionales, para la edificación de viviendas de dos niveles, un electropanel puede cubrir luces de hasta 3.5 metros, sin requerir refuerzos, garantizando la capacidad de cargas vivas y muertas, que una losa densa de uso habitacional común.

La idea en la que se fundamenta este material, es que el concreto pueda sufrir deformaciones cerca de los refuerzos y la magnitud de estas dependerá de la distribución de los refuerzos a través de la masa de concreto. También se debe mencionar, que existe distintos tipos de electropanel y su diferencia radica entre el calibre del alambre de acero con el que es fabricado, así como la separación de la

escalerilla en forma de zigzag, aunque según los fabricantes estas no producen una variación significativa en la resistencia natural de este material.

Materiales que constituyen al electropanel.

Malla electrosoldada.

Este componente resulta esencial, esta malla consiste en varillas de acero liso que forman retículas en forma de zigzag, las cuales tienen gran manejabilidad y flexibilidad para poder moldearlas en obra. La función de estas mallas es actuar como un marco que permita sostener el mortero que será aplicado sobre el poliestireno, y una vez que el mortero haya endurecido, serán estas las que absorban todos los esfuerzos de tensión que la estructura estará soportando y que la masa de concreto no podría soportar por sí misma. Esta malla generalmente está formada por acero de calibre 12 o 14, y la separación entre la escalerilla dependerá del uso y disposición del electropanel en obra, según las recomendaciones del fabricante. (figura 4)

Figura 4

Malla electrosoldada en Electropanel super estructural Monolit.



Nota: Fuente propia (2023).

Planchas de poliestireno.

Estas planchas están compuestas de un líquido llamado estireno el cual se somete a un proceso de polimerización, en este, las moléculas de estireno se unen para formar cadenas largas y repetitivas, creando así el polímero conocido como poliestireno. Este proceso generalmente se lleva a cabo en presencia de catalizadores y calor, y puede dar lugar a diferentes formas de poliestireno, entre ellas el poliestireno expandido, el cual uno de sus usos industriales es para la fabricación de electropanel o también llamado electropanel. *(figura 5).*

Una ventaja notable del uso de estas planchas en la construcción, es que el contenido máximo de volumen de aire es hasta del 98% en la espuma de poliestireno expandido, por lo cual, el peso de estas puede ser muy bajo, y al poseer células cerradas, casi no presenta capilaridad alguna brindándolo de características impermeables.

Figura 5

Planchas de poliestireno expandido para la fabricación de Electropanel.



Cemento Portland.

El cemento es un material aglutinante ampliamente utilizado en la construcción e ingeniería civil. Se trata de un polvo fino compuesto principalmente de cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Su propiedad principal es la capacidad de fraguar y endurecer cuando se mezcla con agua, formando una masa sólida y resistente conocida como concreto o mortero. (*figura 6*).

Existen diferentes tipos de cemento portland los cuales satisfacen a la aplicación del electropanel debido a sus propiedades especiales, entre los cuales podemos mencionar:

- **Tipo I:** es un tipo común de cemento utilizado en la construcción. Es conocido por su buena resistencia inicial y final, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones de construcción. Este cemento se compone principalmente de Clinker de cemento, yeso y, a veces, pequeñas cantidades de otros aditivos. Ofrece una durabilidad adecuada y se utiliza en la fabricación de concreto para estructuras de edificios, pavimentos, carreteras y otras obras de ingeniería. Este tipo es ideal para la fabricación de mortero para revestir las caras del electropanel siempre y cuando el calor de la hidratación no cause una elevación de temperatura considerable.

- **Tipo GU:** Es el cemento para uso general, con características de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, generalmente utilizados para la preparación de mezclas de mortero, suelo cemento convencional, suelo cementos fluidos, y elaboración de mezclas de concreto estructural.

- **Tipo II:** Este tipo de cemento es similar al Tipo I pero contiene una menor cantidad de sulfato, lo que lo hace adecuado para entornos donde el riesgo de exposición a sulfatos es moderado. El cemento Tipo II es otra opción adecuada para la

fabricación de mortero de repello en condiciones normales, proporcionando una buena adherencia y resistencia.

Figura 6

Cemento Holcim fuerte de uso general tipo GU. (2022)



Nota: Holcim fuerte eco planet, por Holcim.

- **Cemento portland blanco:** El cemento Portland blanco es un tipo de cemento caracterizado por su color blanco brillante. Está compuesto principalmente de Clinker de cemento, yeso y aditivos, y se utiliza en aplicaciones donde se busca un acabado estético. Este tipo de cemento es ideal para proyectos de construcción donde se busca minimizar en costos de revestimiento y acabados. A pesar de su aspecto, el cemento Portland blanco también ofrece resistencia a compresión y tensión adecuadas, similares al Tipo I. (*figura 7*).

Figura 7

Cemento Holcim blanco.



Nota: Holcim cemento blanco, por Holcim (2022)

Aditivos.

El uso de los morteros de cemento como revestimiento para el electropanel, abre la posibilidad del uso de aditivos, los cuales pueden mejorar las propiedades y el rendimiento del mortero según sea su aplicación. Algunas de las funciones más comunes de los aditivos en los morteros en el uso de electropanel incluyen:

- **Plastificantes**, los cuales reducen la cantidad de agua necesaria para lograr una mezcla trabajable, la cual facilite la colocación y manejo del mortero.
- **Reductores de contracción**, las cuales minimizan las contracciones y con ello las grietas durando el proceso de fragua y endurecimiento, lo cual es conveniente ya que generalmente este mortero será el acabado final del electropanel.
- **Impermeabilizantes**, cuando el electropanel estará en intemperie, es común utilizar aditivos que creen una capa permeable en el mortero, para que con el paso del tiempo no pueda crear una filtración que pueda afectar el núcleo de poliestireno que malogre la integridad del electropanel. (*figura 8*)

Figura 8

Impermeabilizante para morteros de repello



. Nota: Sika-1 aditivo integral para morteros, por Sika (2019).

Entre otros elementos no considerados como aditivos, pero que sirven para el mejoramiento de la trabajabilidad y características del mortero usado en el electropanel, son las “fibras para repello”, la cual mejoran las propiedades del mortero y proporcionar una mayor resistencia a la fisuración y la contracción. Las fibras de refuerzo se pueden fabricar a partir de diversos materiales, como fibra de vidrio, polipropileno, acero, entre otros, y se incorporan al mortero durante su mezcla. Este material es altamente utilizado en estos sistemas constructivo para casas de interés social, ya que permite que el repello sea el acabado final de las paredes.

Propiedades físicas y mecánicas del electropanel.

Los electropanel al ser elementos construidos fuera del lugar de la obra, en un entorno controlado, luego transportados e instalados en el sitio de construcción. Estos materiales pueden tener propiedades físicas variadas según su composición, aplicación específica y fabricante. Por lo cual se muestra a continuación información general sobre las propiedades físicas y mecánicas comunes en los electropaneles empleados en la construcción de casas de interés social.

Normativa para electropanel.

Tabla 1

Normativas de propiedades mecánicas del electropanel.

PROPIEDAD	NORMATIVA
Deformación del acero para refuerzos de hormigón.	ASTM-A496
Resistencia a la tracción en metales.	ASTM-A370
Barras de acero lisas y deformadas para refuerzos de hormigón.	ASTM-A615
Refuerzo de alambre soldado de acero, para refuerzos de hormigón.	ASTM-185
Recubrimiento en elementos de acero zincados o aleación de zinc	ASTM-A90
Expansión de llama	ASTME-84
Revenimiento	ASTM E-118
Coefficiente de reducción de ruidos	ASTM C423

Fuente: Ficha técnica de Panel Monolit, Manual técnico COVINTEC.

Tabla 2

Normativa de materiales a utilizar en la instalación de electropanel.

MATERIAL	NORMA
Cemento para mortero.	ASTM C-150
Cemento para mortero	ASTM C-175
Cemento para mortero	ASTM C-205
Arena	ASTM C-35
Poliestireno expandido	ASTM D-1623
Malla electrosoldada	ASTM A-85
Alambre	ASTM A-82 Y A-85
Aditivos para concreto	ASTM C-260

Fuente: Análisis y diseño de entresijos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow.

Tabla 3

Características térmicas en electropanel.

CARACTERISITICAS DEL PANEL				AISLAMIENTO TERMICO	
PANEL	ESPESOR (cm)	PESO (kg/m ²)	volumen recubrimiento por carga (m ³ /m ²)	VALOR INTERNACIONAL (m ² . K/KW)	VALOR R INGLES (ft ² -h. °F/BTU)
PS-2000	8.1	90	0.0208	1.00	5.70
	9.1	111	0.0258	1.02	5.81
PU-2000	8.1	122	0.0277	1.01	5.76
	9.1	143	0.0327	1.03	5.87
PS-3000	10.6	92	0.0212	1.37	7.81
	11.6	113	0.0262	1.39	7.92
PU-3000	10.6	129	0.0292	1.66	9.46
	11.6	150	0.0342	1.68	9.58
PS-4000	13.8	98	0.0226	1.89	10.77
	14.8	119	0.0276	1.91	10.89
PU-4000	13.8	135	0.0304	2.49	14.19
	14.8	156	0.0354	2.50	14.25

Fuente: Análisis y diseño de entrepisos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow.

Tabla 4

Tabla de capacidades de carga por espesor de electropanel.

TABLA DE CAPACIDADES DE CARGA												
ALTURA DE MURO l_c (m)	CARGA AXIAL DE DISEÑO (kg/m)											
	PS-2000		PU-2000		PS-3000		PU-3000		PS-4000		PU-4000	
	ESPEJOR DEL MURO 8.1 cm	ESPEJOR DEL MURO 9.1 cm	ESPEJOR DEL MURO 8.1 cm	ESPEJOR DEL MURO 9.1 cm	ESPEJOR DEL MURO 10.6 cm	ESPEJOR DEL MURO 11.6 cm	ESPEJOR DEL MURO 10.6 cm	ESPEJOR DEL MURO 11.6 cm	ESPEJOR DEL MURO 13.80 cm	ESPEJOR DEL MURO 14.8 cm	ESPEJOR DEL MURO 13.80 cm	ESPEJOR DEL MURO 14.8 cm
2	9.883	13.842	13.162	17.544	12.706	16.439	17.5	21.458	15.118	18.826	20.335	24.147
2.44	6.888	10.9	9.173	13.815	10.938	14.614	15.066	19.077	14.002	17.642	18.834	22.627
2.75		8.477		10.744	9.483	13.112	13.061	17.116	13.083	16.666	17.598	21.376
3					8.183	11.77	11.27	15.363	12.262	15.794	16.494	20.258
3.5						8.735		11.402	10.406	13.824	13.997	17.73
4									8.264	11.55	11.116	14.814
4.5										8.972		11.508

Fuente: Análisis y diseño de entrepisos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow

Notas:

- Se considera al muro en posición vertical, con sus extremos superior e inferior restringidos contra la rotación, contra desplazamientos laterales y con carga axial uniformemente distribuida.
- Muros para uso normal (habitacional, aulas, oficinas y similares) sin exceder las cargas indicadas y sin cargas concentradas intensas.
- La Altura del Muro l_c es la distancia vertical entre niveles con losas o elementos estructurales que proporcionen apoyo lateral suficiente para evitar desplazamientos laterales del muro.
- La Carga Axial de Diseño ΦP_n es la carga axial total factorizada que puede resistir el muro de un metro de ancho para la altura y espesor correspondientes.
- Carga resultante actuando dentro del tercio medio del espesor del muro, es decir, con excentricidad no mayor a $1/6$ del espesor del muro.

- En los casos en que actúen simultáneamente cargas laterales importantes o momentos flectores apreciables deberá realizarse un análisis de flexo compresión. ·Se consideran ambas caras del panel con recubrimiento de concreto o mortero con $f'c$ 100 kg/cm². ·Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado ACI318.

Características típicas de electropanel para losa

Tabla 5

Dimensiones de electropanel comercial.

CARACTERISTICAS DEL ELECTROPANEL							
PANEL	ESPEJOR DE ESTRUCTURA (cm)	ESPEJOR DEL NUCLEO (cm)	RETICULA (cm)	ANCHO TOTAL (cm)	ANCHO UTIL por traslape (cm)	LARGO (m)	PESO (kg/m ²)
LOSA DE 3"	7.6	5.55	5.1 x 5.1	1.22	1.02	2.44	5.3
LOSA DE 4"	10.8	7.98	5.1 x 5.2	1.22	1.02	2.44	6.4

Fuente: Análisis y diseño de entrepisos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow

Refuerzo en electropanel losa de 3"

Tabla

6

Refuerzos para la instalación de electropanel Losa de 3".

ELECTROPANEL W Losa de 3"					
Losa de entrespiso o Azotea horizontal con carga de diseño ($W_n=788$ kg/m²) Losa de azotea inclinada con carga de diseño ($W_n=498$ kg/m²)					
		CLARO LIBRE (m)		CONTRAFLECHA (cm)	
REFUERZO POR NERVADURA	MOMENTO DE DISEÑO ($\phi \cdot M_n$(kg-cm))	entrespiso y azotea horizontal	azotea inclinada	entrespiso y azotea horizontal	azotea inclinada
1#3	45,921	0.00-2.20	0.00-2.70	0.5	1
1#4	80,323	2.20-2.90	2.70-3.60	1	1.5
2#3	89,944	2.90-3.00	3.60-3.80	1.5	2
1#3 + 1#4	122,871	3.00-3.50	3.80-4.20	2	2.5

Fuente: Análisis y diseño de entrespisos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow

Refuerzo en Electropanel losa de 4"

Tabla 7

Refuerzos para la instalación de electropanel Losa de 4".

ELECTROPANEL W Losa de 4"					
Losa de entrespiso o Azotea horizontal con carga de diseño ($W_n=805$ kg/m²) Losa de azotea inclinada con carga de diseño ($W_n=514$ kg/m²)					
		CLARO LIBRE (m)		CONTRAFLECHA (cm)	
REFUERZO POR NERVADURA	MOMENTO DE DISEÑO ($\phi \cdot M_n$(kg-cm))	entrespiso y azotea horizontal	azotea inclinada	entrespiso y azotea horizontal	azotea inclinada
1#3	58,850	0.00-2.40	0.00-3.00	0.5	1
1#4	103,307	2.40-3.20	3.00-4.00	1	1.5
2#3	115,803	3.20-3.40	4.00-4.30	1.5	2
1#3 + 1#4	158,785	3.40-4.00	4.30-5.00	2	2.5
2#4	200,620	4.00-4.50		2.5	

Fuente: Análisis y diseño de entrespisos y techos utilizando el sistema constructivo Lubow.

Aplicación de electropanel en casas de interés social.

La adecuada elección de materiales de construcción en proyectos de viviendas de interés social es esencial para lograr un equilibrio entre la economía y la calidad. Al optar por materiales de menor costo, se busca optimizar el presupuesto total de construcción, permitiendo así la oferta de viviendas de a precios más accesibles.

Sin embargo, se vuelve crucial en la selección de materiales el no comprometer la calidad y la seguridad estructural al seleccionar materiales de menor costo. La clave es identificar opciones que ofrezcan un rendimiento aceptable a un costo menor que los sistemas constructivos tradicionales en el mercado. Esto implica, considerar no solo el precio inicial, sino también la durabilidad, resistencia, y costos asociados al mantenimiento con el tiempo.

Con esto, la innovación en materiales de construcción también desempeña un papel crucial, buscar alternativas más económicas, pero de calidad puede proporcionar soluciones eficientes y sostenibles.

En este contexto, en la construcción de viviendas de interés social, la adopción del electropanel emerge como una estrategia crucial de la perspectiva económica. Este enfoque presenta ventajas significativas que impacta de manera positiva en la eficiencia de los procesos constructivos y en la accesibilidad económica de la vivienda.

En primera instancia, la utilización de los electropaneles al ser un material de condiciones controladas en fábrica, conduce a una mayor eficiencia en términos de tiempos y costos. La producción en masa de estos elementos reduce la necesidad de mano de obra extensa en el sitio de construcción, disminuyendo así los costos asociados a la mano de obra; en el mismo contexto, la calidad controlada inherente a la prefabricación asegura que el material cumpla con estándares específicos, que

disminuyen la probabilidad de defectos constructivos, y, por ende, reduciendo costos asociados en reparaciones y mantenimiento a largo costo.

De igual manera, al ser un material prefabricado, el cual cuenta con medidas estándar sin importar el proveedor (1,22 m x 2,44 m), permite desde la planeación de la casa habitacional, que esta cuente con espacios funcionales diseñados específicamente con una modulación óptima para aprovechar el tamaño total de los electropaneles, evitando y/o reduciendo los desperdicios en obra.

Por otro lado, una de las grandes ventajas que posee este material, es que su instalación es sencilla, no requiere de mano de obra calificada, por lo cual los costos de mano de obra asociada a la ejecución puede ser reducida. Así mismo, el fácil manejo y materiales flexibles, permite que la manipulación, traslado y manejo de los electropaneles no requiera de herramientas especiales en la etapa de construcción.

A continuación se mencionan algunas de las características que poseen los electropaneles que los convierte en una opción eficiente para la ejecución de viviendas de interés social:

Para el constructor:

- En la compra: Debido a que el electropanel es un producto económico respecto al resto de sistemas constructivos tradicionales como los bloques de concreto y ladrillos de barro.
- El transporte: El electropanel se puede apilar y transportar fácilmente, ya que este no presenta un peso específico alto en comparación al que sería necesario en sistemas constructivos tradicionales para cubrir la misma cantidad de metros cuadrados.
- El manejo: Los electropaneles son fáciles de manipular y cuantificar puesto que son placas individuales.

- La instalación: la instalación de electropanel no necesita mano de obra especializada, ni maquinaria especial.
- Acabado final de los electropaneles: Es posible enchapar luego de aplicar una capa de mortero en estos, a su vez es posible aplicar cualquier tipo de pasta o recubrimiento especial.

Para el inversionista:

- En la rentabilidad: El uso de electropanel es rentable ya que se logran grandes construcciones en menor tiempo y con menor cantidad de inversión.
- Financiamiento de la edificación: El electropanel propicia el ahorro económico, de ejecución de la obra, en mano de obra y en materiales.

Para el usuario:

- En la calidad: Con electropanel permite moldear fácilmente detalles arquitectónicos.
- Seguridad: El electropanel es sismorresistente, y posee propiedades retardantes al fuego.
- Confortabilidad de la edificación: El uso de electropanel integra a la obra aislamiento térmico y acústico.

Con lo expuesto anteriormente, podemos resumir que los electropaneles son un material innovador y que facilita los procesos de construcción, su peso liviano y de fácil manipulación aumenta los rendimientos en obra, minimiza los desperdicios de los materiales y reduce las obras de intervención necesaria para su mantenimiento a largo plazo, lo cual todo conduce a una reducción del costo total y proyectado en la ejecución de una vivienda de interés social.

Procesos constructivos utilizando electropaneles.

Instalación de muros de electropanel sobre cimientos.

El sistema del electro panel es absolutamente versátil y flexible para construcciones de un piso o superior, siendo un sistema constructivo cuyo peso propio es considerable bajo, por lo cual la cimentación de esta varía según las condiciones del terreno y pueden ser poco profundas, lo que facilita las labores de trazo y excavación.

Trabajos preliminares.

Limpiar el terreno, mover suelos y conformar plataforma: Desbrozar del terreno (retiro de la capa vegetal), movimiento de tierras hasta un nivel que permita conformar la plataforma final. La conformación del terreno puede incluir la colocación de un suelo granular compactado para lograr la resistencia requerida. Se debe considerar la correcta disposición final del material del desalojo, de ser necesario.

Definir áreas de trabajo: Elaborar un plano de la implantación de la obra en el terreno, incluyendo los espacios para acopio de materiales, circulación de vehículos con materiales, bodegas, oficinas técnicas y administrativas (si se necesitasen), vivienda de cuidador, seguridad y otros.

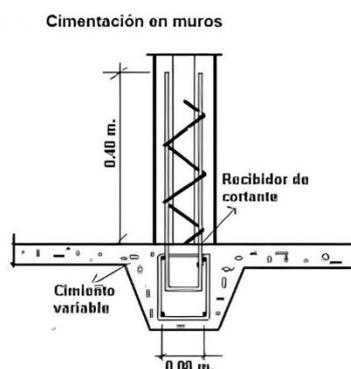
Receptar, almacenar paneles, accesorios y materiales: Receptar y almacenar correctamente los materiales. Tanto los paneles, así como las mallas y aceros de refuerzo, pueden ser almacenados al aire libre, pero preferentemente en lugares cubiertos. El almacenamiento de paneles se debe realizar siguiendo un esquema de ubicación e identificación por tipo de panel.

Cimentación

El cálculo de la cimentación debe hacerse con base al estudio de mecánica de suelos, debido a lo liviano del sistema generalmente los fabricantes recomiendan realizar un cimiento corrido en forma de "T" invertida, de forma trapezoidal o bien una losa de cimentación, En el caso en que se construya una losa de cimentación a causa de las condiciones del suelo, ésta en la mayoría de los casos será una plataforma de concreto doblemente armada con parrillas formadas con varillas de 5/16" o bien electro malla, antes de fundir la losa se colocaran armados de traves intermedias compuestas con 4 varillas de 1/2" y estribos de 1/4" a cada 45 cm. (figura 9)

Figura 9

Detalle de cimentación en muros



Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Cimentación y Contrapiso

Recepción de planos aprobados: Realizar a recepción de los planos aprobados con los diferentes profesionales y contratista que llevaran a cabo la obra, dejando un registro de conformidad de todos los involucrados a través de un documento que ampare la recepción de los planos.

La recepción de los planos es un proceso vital en la ejecución de todo proyecto de construcción.

Verificar la calibración del equipo de topografía: Recepción de la certificación documentada de calibración del equipo de topografía por parte de un laboratorio acreditado, el cual debe realizar un mantenimiento al equipo y expedir un documento físico o digital que contenga los resultados de la calibración de los instrumentos. El resultado de la calibración es la relación entre las lecturas del instrumento y los valores indicados por un patrón usado para la calibración. (figura 11).

Figura 11
Certificado de calibración de equipo.



Geotop
Geodesia y topografía

AÑO: 2016
N° Cert - 004987

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

OTORGADO A: CHOQUE HUANCA ELVIS YOSIMAR

EQUIPO: Estación Total Marca Leica Modelo Plus TS06 5 segundos R1000 Flex Line

SERIE: 1387667

R.U.C: 10461786583

FECHA DE EMISIÓN: 2016-06-13

GEOTOP S.A.C., CERTIFICA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DIN 18723, SEGUN LOS ESTANDARES INTERNACIONALES ESTABLECIDOS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO SEGÚN EL FABRICANTE

Precisión del Distanciómetro: ±(2+2 ppm x D) mm
 Constante Estadística: 100m
 Telescopio Imagen directa: 30x
 Lectura Mínima: 1"30"
 Precisión Angular: 5"

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

PANEL DE CONTROL CONDICIÓN FÍSICA OK FUNCIONES DEL TECLADO OK MARCAS DEL TECLADO OK	BASE CONDICIÓN FÍSICA OK NIVEL OK TORNILLOS OK	REVISIÓN ERROR VERTICAL OK ERROR HORIZONTAL OK DOBLE CENTRO OK PERPENDICULARIDAD OK PLOMADA LASER OK PLUNTERO LASER OK
MECANICA ASAS OK ROTACIÓN HORIZONTAL OK ROTACIÓN VERTICAL OK	PRECISIÓN ÁNGULO HORIZONTAL OK ÁNGULO VERTICAL OK	APARIENCIA VISIBLE COLOR OK LIMPEZA OK
CALIBRACIÓN VERTICAL OK HORIZONTAL OK		

PATRON DE MEDICIONES DEL INSTRUMENTO EN 00°00'00"			
ÁNGULO HZ	00°00'00"	Der.	180°00'00"
ÁNGULO V	90°00'00"	180°	270°00'00"
Arriba	60°00'00"	180°	240°00'00"
Abajo	120°00'00"	180°	300°00'00"

MEDICIONES DE PATRÓN			
ÁNGULO HZ	00°00'00"	180°00'00"	
ÁNGULO V	90°00'00"	270°00'00"	

RESULTADO V=OK HZ=OK

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	360	00 05
HORIZONTAL	360	00 05

VALOR A CORREGIR		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	00	00 05
HORIZONTAL	00	00 05

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO CALIBRADO		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	360	00 01
HORIZONTAL	360	00 01

CALIBRACIÓN DEL DISTANCIOMETRO				
MEDIDA INICIAL (m)	CORRECCION DE MEDIDA PATRÓN DE MEDIDA INICIAL (m)	MEDIDA PATRÓN (m)	MEDIDAS CORREGIDAS (m)	DIFERENCIA DE MEDIDA PATRÓN DE MEDIDA CORREGIDA (m)
50	0.00	50	50	0.00
150	0.00	150	150	0.00
200	0.00	200	200	0.00

RANGO DE TOLERANCIA		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+	360	00 05
-	359	59 55

CERTIFICAMOS QUE EL EQUIPO EN MENCIÓN, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y CALIBRADO, SEGUN NORMA DIN 18723.

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

Lugar: Taller de Servicio Técnico de GEOTOP S.A.C.

Temperatura: Promedio de 20 grados C con variación de +/- 0.5 grados C. Humedad Relativa de 56%.

Ax: Torre de Maresma 2180 - Miraflores Telf: 01-8584011 www.geotop.com.pe



Pagina 1/2

Nota: Certificación de estación total por GeoTop Geodesia y Topografía.

Receptar los Bancos marca de referencia: Definir y documentar la recepción de Bancos de marcas y sus coordenadas. Que en el caso de la vivienda se verifica y se traslada con equipos topográficos el nivel del cordón cuneta o bordillo de la calle. (figura 12).

Figura 12

Verificación de coordenadas de banco de marca.



Nota: Verificación de bancos de marca por Topografía Trujillo (2015).

Replantear el proyecto en el terreno: Mediante el empleo de equipo topográfico, replantear todo el proyecto utilizando estacas y con la debida señalización. (figura 13).

Se ubican todos los puntos necesarios para poder materializar los ejes principales del proyecto en el terreno. Se inicia tomando un punto de referencia conocido, que puede ser un lindero o el nivel cordón cuneta, la esquina del terreno de la construcción entre otros. Se mide en el plano la distancia de un punto del proyecto hasta el punto de referencia y se traza la medida en el terreno para ubicar el primer punto.

Los puntos que se ubican primero son los cruces de los ejes del proyecto, Una vez se obtienen los puntos principales se comienzan a trazar los ejes.

Figura 13

Replanteo de proyecto.



Nota: Replanteo de obra por Topografía Trujillo (2015).

Colocar niveletas de madera: Instalar las niveletas de madera al inicio y fin de cada eje verificando que no queden dentro del área. Se corroboran los niveles y líneas de trazo al colocar las niveletas. (figura 14)

Figura 14

Colocación de niveletas de madera.



Nota: Fuente propia. (2023)

Marcar las fajas para excavación de las vigas: Utilizando cal (o cualquier material compatible), dibujar líneas sobre el suelo de la plataforma, para marcar las zonas de excavación.

Excavación para vigas de cimentación e instalaciones sanitarias: Realizar manualmente la excavación siguiendo la forma establecida en el diseño estructural y en la dirección de las instalaciones utilizando herramientas convencionales como: palas, picos, barras y otras. (figura 15).

Figura 15

Excavación de vigas de cimentación.



Nota: Fuente propia. (2023)

Instalaciones Sanitarias: Instalación de tuberías y cajas revisión en función las pendientes de diseño. Se replantean y se dejan embebidas en el espesor de la cimentación dejando las mechas de las diferentes tuberías de PVC necesarias para cada ruta sanitaria, se corroboran los diámetros y ubicaciones establecidos en plano. (figura 16).

Figura 16

Instalaciones sanitarias en losa de cimentación.



Nota: Fuente propia. (2023).

Cortar y figurar el acero de las vigas de cimentación y contrapiso (o losa de cimentación), colocar armadura de refuerzo: Cortar y doblar según los detalles y dimensiones establecidas en los planos estructurales. Se puede utilizar vigas prefabricadas. Esta actividad podrá ejecutarse paralelamente a las actividades anteriores. (figura 17).

Figura 17

Armaduría y refuerzos en losa de cimentación.



Nota: Fuente propia. (2023).

Anclaje.

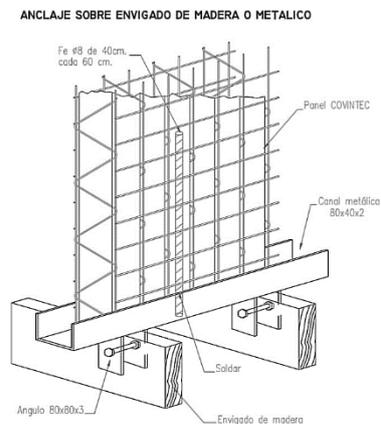
Antes de realizar el colado de la losa se colocarán los anclajes con las características mencionadas anteriormente, la separación entre cada anclaje no debe sobrepasar los 1.22m de centro a centro, el despiece de los paneles en planta nos formará el criterio de separación entre el anclaje.

La colocación de las anclas debe hacerse sobre bastidores. Los cuales son generalmente de madera o bien metal, estos van colgados en ganchos sobre la formaleta de cimentación circundándola. La función de estos bastidores es proporcionar una forma correcta de poder alinear todo el anclaje y también para usarlos como moldes de separación en todas las cimentaciones constantemente.

La unión de paneles tanto en esquinas como paredes intermedias deben ser reforzadas con anclajes en forma de U y ganchos a 90 grados, de varillas de alta resistencia. (figura 18)

Figura 18

Anclaje de paredes



. Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Trazo y recibidores

El trazo se efectúa después de que la losa haya sido fundida y obtenido su resistencia especificada, este nos sirve para la colocación de recibidores. Para realizar el trazo es necesario seguir los siguientes pasos:

- Limpieza de la losa.
- Localización de muros de acuerdo con los planos.
- Trazar y marcar donde se colocarán los muros en la cimentación.
- Marcar el número de secuencia.

Luego de haber trazado la localización de los muros se procede a la colocación de los recibidores de cortante tanto de paredes interiores como exteriores, estos son los

que al final unirán los muros a la cimentación. (figura 19). Para la colocación de estos se debe seguir los siguientes pasos:

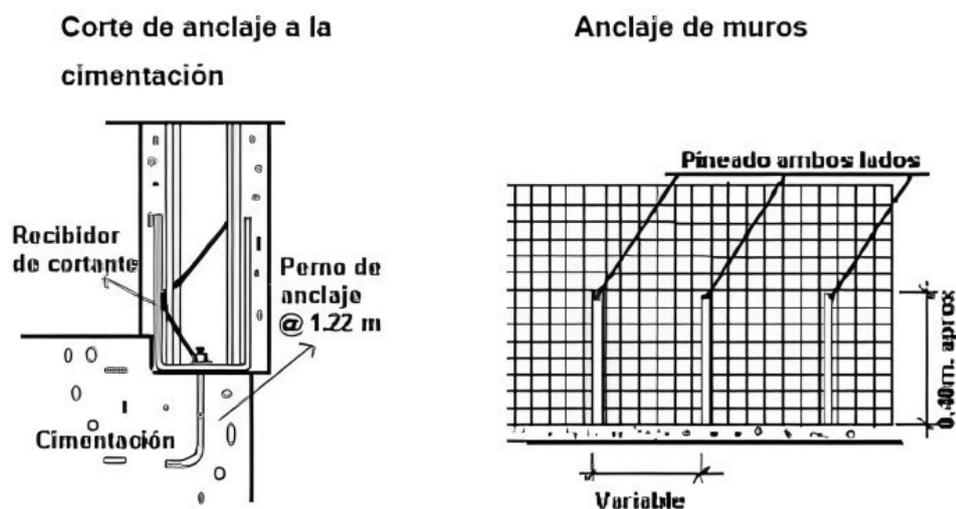
- Revisar la alineación y nivelación de la cimentación
- Revisar la posición de las anclas
- Repartir los recibidores de cortantes, clavos, roldanas y tuercas.
- Trazo y separación de recibidores interiores
- Ajuste de tuercas
- Instalar recibidores interiores y luego los exteriores, esta instalación

puede hacerse con pistola neumática.

- Alinear los recibidores interiores y exteriores
- Si algún recibidor está dañado este debe cambiarse.

Figura 19

Recibidores de cortante y anclaje de muros.



Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Levantado y fundación de muros.

Para el levantado de paredes los paneles se pueden preensamblar después ser transportados hasta el lugar donde se encuentra la cimentación con todos los recibidores de cortante.

En el momento de ensamblado de los paneles es donde se pueden apreciar la rapidez del sistema, asimismo es donde se requiere la mayor supervisión del preensamblado porque no deberá ensamblarse ningún muro o losa que no esté cumpliendo correctamente con el trazo, corte del proceso anterior. (figura 20).

Figura 20

Levantado de muros de electropanel superestructural Monolit.



Nota: Fuente propia. (2023)

Para realizar los cortes en los paneles se utiliza una cortadora eléctrica o manual, equipada con disco de 140 cms, y mesa de trabajo donde se combinan a diferentes ángulos. Todos los cortes que se realicen, tanto con la cortadora eléctrica como con la pistola neumática, deberán ser lo más rectos posible, para esto permita un perfecto ensamblado entre las planchas. Nunca se deben recorrer con este material distancias mayores a los 50 m. Para el levantado de muro se deben seguir las siguientes actividades:

- Distribución de secciones.
- Distribuciones de soportes metálicos (si los necesitase).
- Suministrar todo el material interior y exterior requerido.
- Levantar soportar todos los muros.
- Colocación de marcos.
- Fijación, alineación y plomo de los paneles.
- Fijación de refuerzo de muros y marcos.

Secuencia de montaje con paredes de electropanel.

1. Limpieza del área.
2. Verificar y corregir la verticalidad de las varillas de anclaje (chicotes).
3. Verificar la existencia de paneles y mallas para paredes: verificar con la bodega la existencia de paneles y mallas para paredes. Se podrá continuar con el montaje sólo si se cuenta con el material completo.
4. Situar adecuadamente los paneles cerca del área de montaje: solicitar a bodega los paneles necesarios en tipo y número para ubicarlos cerca al sitio de montaje.
5. Montaje de paneles (ARMADO POR COLOCACIÓN SUCESIVA DE PANELES): -Cortar los paneles que irán ubicados en puertas y ventanas. - Iniciar la colocación de los paneles en una esquina de la edificación.
6. Perforar la losa de cimentación sobre las líneas de anclaje.
7. Preparar las varillas de anclaje, orificios y material epóxido colocar varillas de anclaje Limpieza del área de trabajo.
8. Adicionar sucesivamente los paneles, en los dos sentidos, considerando la verticalidad de las ondas y la correcta superposición de las alas de traslape de las mallas de acero.

9. Colocar un panel transversal en cada cruce de paredes, para estabilizar el conjunto.
10. Armar muros completos y montar paredes (ARMADO TIPO MURO COMPLETO) -Se unen y amarran varios paneles hasta formar un muro completo, según el diseño de la penalización o despiece de paneles por pared. Se debe considerar la verticalidad de las ondas de los paneles (excepto en juntas) y la correcta superposición de las alas de traslape. - Realizar cortes y aberturas en los "paneles" o "muros completos", para puertas y ventanas. - Se levanta manualmente el muro y se procede a su colocación en el sitio correspondiente, siguiendo la hilera de varillas de anclaje. - Amarrar los paneles a las varillas de anclaje. Nota: Previo pedido, los muros completos pueden ser armados en fábrica y entregados en obra para su colocación directa.
11. Colocado de ductos eléctricas e hidrosanitarias: ubicar los ductos para instalaciones eléctricas e hidrosanitarias siguiendo los planos correspondientes y el instructivo de trabajo. 8. Aplomar y apuntalar paneles de pared: Se debe proceder a aplomar y apuntalar los paneles de pared por la parte opuesta a la cara que va a ser revocada.
12. Colocar mallas de refuerzo: colocar mallas planas, angulares y tipo "U" en los lugares que el plano estructural lo indique.

En síntesis, podemos decir que para levantar y fijar los muros primero de no haber anclajes en la cimentación bastará con perforar agujeros de 3/8' de diámetro y 2 1/2" de profundidad y fijar con adhesivo epóxico 2 pines de acero de 6.20 mm a cada 40 cm. El sentido de la escalerilla del panel, al ser utilizado en muros debe quedar vertical y bien apuntalado para mantener su verticalidad, en vez de puntales pueden usarse tensores de alambre de amarre en ambas caras.

Método de instalación de losas para techos con electropanel.

Las losas también pueden ser ensambladas para después ser transportadas al lugar de la colocación. Para la colocación de techos es necesario realizar las siguientes actividades:

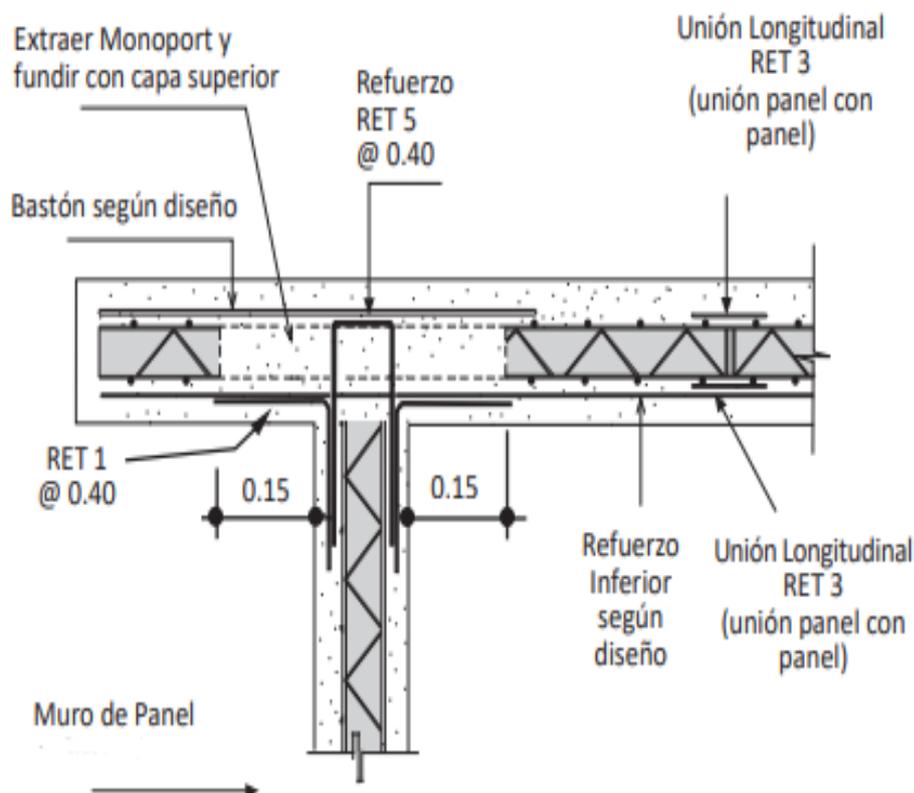
- Distribución de secciones
- Colocación de secciones
- Alineación
- Suministro de material
- Nivelación
- Fijación y refuerzo

En síntesis, podemos mencionar que para la construcción de una losa con Electropanel, este deberá ser reforzado con bastones y acero de refuerzo para cubrir los momentos mayores a los que resiste el Electropanel. La distribución de las planchas deberá ser escalonada procurando que no coincidan los empalmes transversales. Las esquinas y uniones de la losa deberán reforzarse con esquineros, escuadra y mallas especiales. Además, debemos tomar en cuenta que la luz máxima para utilizar el Electropanel en techos y entrepisos es de 4.50 metros.

Previamente a la instalación se debe tener en cuenta la separación del acero de refuerzo adicional que se le colocara a la losa (normalmente varilla del No 3 y con $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$). Para ello se requiere saber las dimensiones del claro a cubrir, si va a ser losa plana o inclinada y el tipo de Electropanel W que se utilizará. (*figura 21*).

Figura 21

Detalle de colocación de refuerzo en la losa.

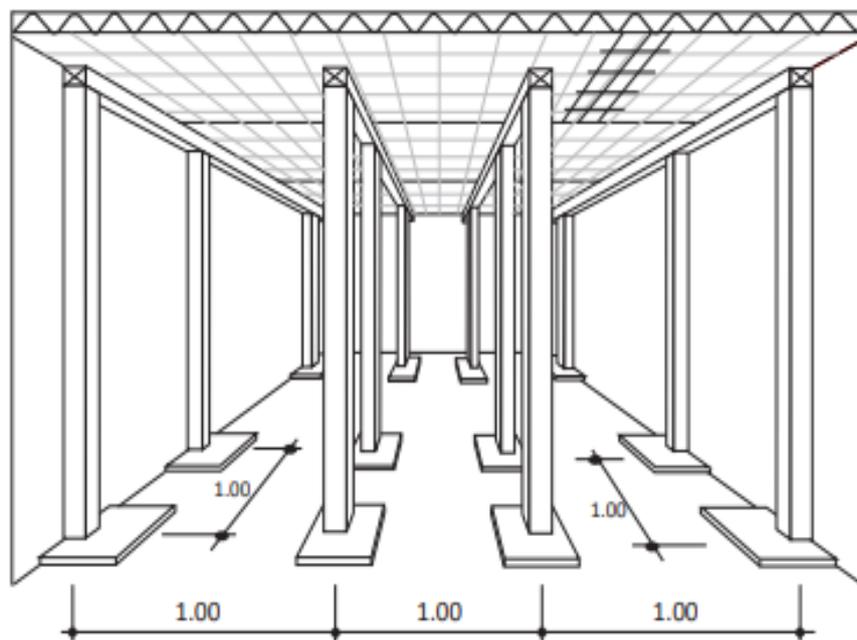


Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

El claro a usar en las tablas será el claro corto o más pequeño, pues están elaboradas tomando en consideración una losa simplemente apoyada en una dirección. En la construcción de losas de Electropanel W no se requiere de formaleta, únicamente de un apuntalamiento temporal. Primero se colocan las maderas cuidando que quede paralela al claro largo, descansando éstas sobre puntales o pies derechos. En esta operación hay que fijarse que la separación máxima entre maderas sea de 1.00 m. (figura 22).

Figura 22

Detalle de apuntalamiento para colocación de losa Electropanel.

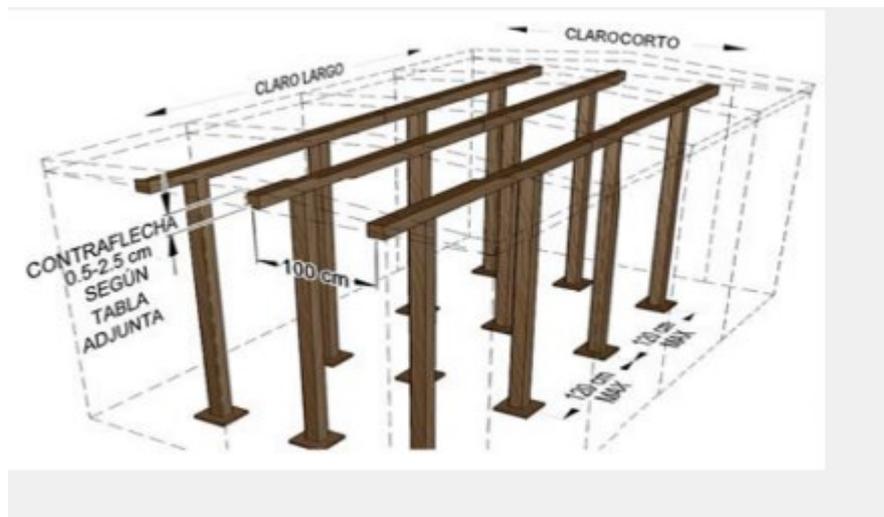


Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Se debe dejar la contra flecha recomendada en las tablas, lo cual se hace elevando, la altura de la madrina central respecto al nivel superior de los muros para que cuando se retire el apuntalamiento y la losa “baje” quede completamente horizontal sin deflexión (panza). (figura 23).

Figura 23

Detalle de contraflecha en el centro del claro de la losa. Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.



Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Unir los paneles de losa para completar la longitud del claro entre apoyos, formando hileras de un panel de ancho cada una. Colocar MALLA PLANA o ZIG-ZAG por ambas caras de la unión. Colocar dentro de las nervaduras las varillas de refuerzo indicadas en la tabla de losas adjunta. Cada varilla debe abarcar el claro completo de una sola pieza.

Amarar con alambre las varillas de refuerzo sujetas al tercer alambre longitudinal contando de arriba hacia abajo y asegurarse que conserven dicha posición.

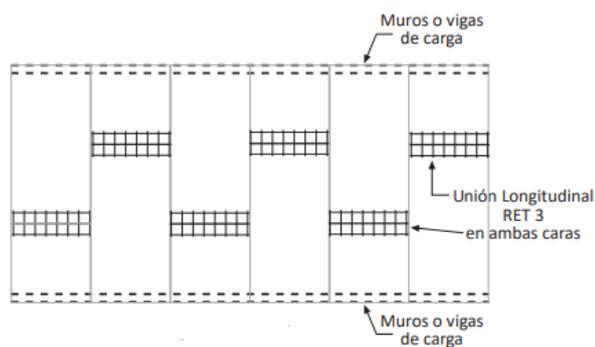
Colocar la hilera de modo que ambos bordes cortos queden apoyados sobre los muros y el lado largo original de los paneles quede en dirección del claro más corto disponible. Colocar la siguiente hilera a un lado de manera cuatrapeada y amarra las mallas auto ensamble por ambas caras.

A continuación se une la losa a los muros colocando MALLA L en ambos lados de la unión e insertando a cada 60 cm a lo largo de ellas "U"s de varillas No. 3, esto en

caso de que la losa sea inclinada o plana sin pretil. Si la losa lleva pretil, en lugar de “U” se inserta pares de punas de varillas, también No. 3 a cada 60 cm. Es importante tomar en cuenta que el personal no debe pararse directamente sobre la plancha, sino que deben colocarse tablas para distribuir su peso tanto en la instalación como en la fundición. (figura 24).

Figura 24

Modulación de colocación del Electropanel en la losa.

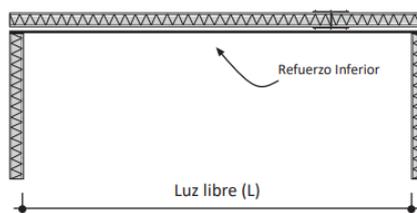


Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

El siguiente paso es amarrar el acero de refuerzo adicional en la parte inferior de la losa al electropanel cuidando que esté a la separación especificada. Revisar que la contraflecha indicada se haya dado. (figura 25).

Figura 25

Detalle de colocación de acero de refuerzo. Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.



Nota: Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.

Por último, retire la espuma plástica en todo el perímetro de la losa sobre el ancho de los muros. para permitir un adecuado colado del concreto, después de haber

reforzado la losa y retirado el poliestireno se funde esta con una capa de concreto de 5 cm de espesor. Una proporción adecuada para obtener un concreto resistente como el mencionado anteriormente es de 1:2:3 utilizando agregado grueso de 3/8". Debe recordarse que al igual que toda losa de concreto esta deberá llevar su debida impermeabilización y fraguado. Es recomendable no retirar los parales en un tiempo mínimo a 15 días.

Instalaciones.

Las instalaciones se deben hacer antes de la aplicación del mortero, estas consisten en:

Instalación eléctrica: para su colocación, primero se traza sobre el panel la línea guía donde irán la instalación para luego perforar el poliestireno en ese lugar con una barra caliente. Se debe evitar cortar la malla del panel. Este tipo de instalaciones se realizan con tubería P.V.C. (Poli cloruro de vinilo) o conduit ligero, pudiendo alojar dentro del panel diámetros hasta de 5 cm en tubería P.V.C. Es importante tomar en cuenta que las conexiones especiales como curvas y conectores deben ser de P.V.C. y las cajas eléctricas de lámina galvanizada. (*figura 26*).

Figura 26

Detalle de conexiones eléctricas en losa con Electropanel w.



Nota: Enmanguerado para instalación eléctrica por SJ Eléctrica (2015).

Aplicación del recubrimiento de la losa.

Previo al inicio de la aplicación del recubrimiento de la losa, los muros deberán estar recubiertos por ambas caras y con un fraguado mínimo de 7 días. El proceso de recubrimiento de la losa se inicia inferior de ella (plafón) con un mortero de cemento y arena similar al usado para el recubrimiento de los muros, dejándolo fraguar por lo menos 12 horas antes de iniciar la aplicación del recubrimiento en la parte superior (capa de compresión). Para la capa de compresión deberá usarse un concreto con un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$.

El vaciado de la capa de compresión deberá hacerse teniendo cuidado de no pisar directamente sobre el panel, para lo cual se colocan tablonces para transitar durante esta operación. Esto se hace con el fin de evitar deformaciones en la estructura del electropanel que pudieran llevar a aplicar espesores mayores de recubrimiento para corregirlas. Se debe poner especial atención a que el espesor aplicado de la capa de compresión sea exactamente el especificado. En caso de que fuera menor, la losa no tendrá la capacidad de carga esperada y si fuera mayor, nos provocaría deflexiones mayores a las esperadas, además del consecuente incremento en el costo de la obra innecesariamente.

Si no se usó acelerante, el apuntalamiento no deberá retirarse antes de 14 días desde el inicio del fraguado. En caso de haberlo usado, se deberá verificar con el servicio técnico del mismo cuál es el período recomendado para iniciar el retiro del apuntalamiento según especificaciones del producto utilizado. En cualquier caso, deberá dejarse un apuntalamiento al centro de la losa hasta terminar de retirar el resto. Al final se retira éste lentamente para no permitir que la losa baje bruscamente a su posición definitiva.

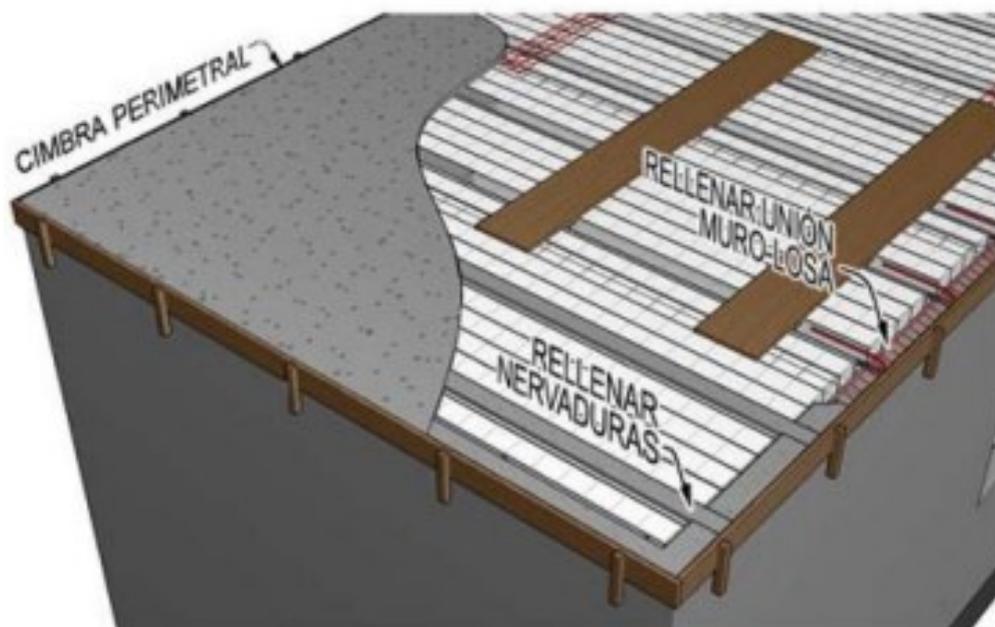
Una vez retirados todos los apuntalamientos se procede a dar la segunda aplicación (aplanado) al lecho inferior de la losa (plafón). Es recomendable aplicar a la losa un impermeabilizante similar a los utilizados en las losas de concreto armado tradicionales.

Acabado final.

Encima de los recubrimientos es posible aplicar fácilmente una gran variedad de acabados, como pintura, aplanados de yeso, texturizados, azulejos, mosaicos, baldosas, ladrillos, piedra, molduras, maderas, etc. La cara superior de la losa de la azotea se debe impermeabilizar para obtener un resultado libre de filtraciones en épocas lluviosas. (figura 27).

Figura 27

Detalle de acabado final en losa de electropanel. Manual de instalación panel Monolit por Grupo Monolit.



CONCLUSIONES

El electropanel es considerado un material con alta resistencia, tanto a la compresión como al cortante y, al utilizar un mortero adecuado para su recubrimiento se obtendrá un material resistente al fuego y un excelente aislante térmico y acústico.

Al utilizar el electro panel como material de construcción en las viviendas, se obtienen mejores resultados, cuando se hace el mejor despiece de las instalaciones. A menor soldaduras mayores seguridad.

El sistema constructivo de vivienda utilizando electro panel no requiere de refuerzo adicional en construcciones de un nivel, pero, es necesario añadir refuerzos tanto en la losa como en las paredes en construcciones de dos niveles, ya que el momento de flexión que se produce puede ser mayor al que los paneles resisten en sí.

Por ser un sistema liviano y fácil de maniobrar, la obra se puede terminar en menor tiempo que utilizando los sistemas tradicionales, y a su vez, esto reduce tanto los gastos administrativos como los costos en mano de obra.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las empresas constructoras implementar este sistema constructivo en proyectos de viviendas de interés social, como en diferentes proyectos del sector constructor por sus ventajas significativas evidenciadas en la presente investigación sobre el uso de paneles de poliestireno expandido. Como también hacer estudios comparativos de casos similares para ampliar las referencias y tener mayor sustento sobre este tipo de construcciones que beneficiarán al usuario final a la hora de la toma de decisión sobre el sistema constructivo a usar en las construcciones de nuevas viviendas.

Que se diversifique las ventajas y eficiencias comparativas del sistema de paneles de poliestireno expandido, frente a otros sistemas de construcción con nuevas tecnologías que podrían resultar comparativamente mejor, ante esta posible situación podría plantearse un tema de investigación comparando el sistema con otra alternativa constructiva y evaluar el costo beneficio, tanto para las constructoras como para el usuario final.

Mostrar las ventajas del sistema con electropanel y se recomienda el uso de sistema constructivo, y romper los paradigmas de seguir construyendo de manera tradicional que muchas veces es más caro y de poca calidad.

Para poder reducir el tiempo de ejecución de la construcción de una vivienda utilizando electropanel, debe contarse con los accesorios y equipos diseñados especialmente para ellos, sin embargo, éstos pueden ser sustituidos por otros elementos recomendados por el fabricante que ofrezcan la misma seguridad y calidad.

En las construcciones hechas con electropanel, se deben colocar juntas de expansión, las cuales evitan los agrietamientos que perjudican fundamentalmente la resistencia

La mano de obra que se utiliza en la construcción de viviendas utilizando el Electropanel, deben poseer la capacitación básica necesaria para que el trabajo terminado tenga las cualidades de servicio y resistencia requeridos en el diseño.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Girón Figueroa, M. (2014). Uso y aplicación del método constructivo electropanel.
2. Vilchez Jimenes, S. (2017). Análisis de paneles de poliestireno expandido en la mejora del proceso constructivo en viviendas unifamiliares en Pachacamac.
3. Miguel Aguiló, A. (1974). Prefabricación; Teoría y práctica.
4. Ceballos-Lascuarain, H. (1973). La prefabricación y la vivienda en México.
5. Grupo Monolit (2011). Manual de instalación de panel Monolit.
6. Mérida Mencos, L. (1992), Usos del poliestireno en la construcción. Tesis Ing. Civil, Universidad San Marcos de Guatemala.