



**ESPUAFAR
DESARROLLO DE POLIURETANOS COMO ELEMENTOS
ESTRUCTURALES A COMPRESIÓN**

**ANDRES FELIPE APONTE RAMIREZ
JULIAN DAVID PEÑA GONZALEZ**

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Bogotá, Colombia

2015

**ESPUAFAR
DESARROLLO DE POLIURETANOS COMO ELEMENTOS
ESTRUCTURALES A COMPRESIÓN**

**ANDRES FELIPE APONTE RAMIREZ
JULIAN DAVID PEÑA GONZALEZ**

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Pregrado profesional en arquitectura

Director:

ARQUITECTO HAMILTON FERNEY BOHORQUEZ LESMES

Línea de Investigación:

HABITAT TECNOLOGICO Y CONSTRUCCION

Grupo de Investigación:

TECNOLOGICO

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Bogotá, Colombia

2015

Dedicatoria

Esta tesis se la dedicamos primeramente a Dios quién supo guiarnos por el buen camino, dándonos fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A nuestras familias quienes por ellos somos lo que somos. Para nuestros padres y abuelos por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarnos con los recursos necesarios para estudiar. Nos han dado todo lo que somos como personas, nuestros valores, nuestros principios, nuestro carácter, nuestro empeño, nuestra perseverancia, nuestro coraje para conseguir nuestros objetivos. Al arquitecto Steven González por estar siempre presente y haber creído en el proyecto desde un principio, acompañándonos para poderlo realizar.

Agradecimientos

Nos gustaría que estas líneas sirvieran para expresar nuestro profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Arq. Hamilton Ferney Bohórquez Lesmes, codirector de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años. También nos gustaría agradecer la ayuda recibida por la empresa Espumlatex y al acueducto de Bogotá. Por medio de la ingeniera Alejandra garay por su más grande ayuda y paciencia. Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de nuestras familias y amigos. A todos ellos, muchas gracias.

Resumen

La investigación de la materialización de un proyecto tecnológico que busca mejorar tres ramas de la construcción civil, como los costos, el tiempo y la sostenibilidad. Por medio del diseño de un producto a base de poliuretanos, malla de acero electrosoldada de $\frac{1}{2}$ ", y colorantes, que pueda ser forzado a la compresión con la capacidad de transmitir cargas lineales a la cimentación, tratando de generar muros estructurales livianos y resistentes a menores tiempos y costos que pueda tener mejores comportamientos a los movimientos telúricos.

- **Esfuerzo a compresión** es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección (coeficiente de Poisson).
- **Esfuerzo de Flexión:** es tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.
- **Muro estructural:** Son aquellos que soportan las losas y techos además de su propio peso y resisten las fuerzas horizontales causadas por un sismo o el viento.
- **Flejes:** son piezas cerradas hechas de acero, que tienen como función impedir el pandeo de las varillas longitudinales, evita la ruptura por desplazamiento del concreto y ayuda a las columnas a resistir las fuerzas cortantes y evita las fisuras.
- **Malla electrosoldada:** son barras de acero corrugadas, longitudinales y transversales, que se cruzan en forma rectangular, soldadas en todas sus intersecciones.

- **Sistema estructural:** son las estructuras compuestas de varios miembros, que soportan las edificaciones y tienen además la función de soportar las cargas sobre ellas transmitiéndolas al suelo.
- **Formaletas:** son moldes o encofrados en donde se vierte algún tipo de material, para crear una forma particular.
- **Aislante acústico:** supone impedir que un sonido penetre en un medio, o que salga de él, permite proporcionar una protección al recinto contra la penetración del ruido, al tiempo, que evita que el sonido salga hacia el exterior.
- **Aislante térmico:** es un producto o material usado en la construcción, caracterizado por su alta resistencia térmica que establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa.
- **Estructuras livianas:** es un sistema industrializado que tiene como principio la utilización de productos ligeros, materiales con pequeños espesores y que no requiere la adición de mezclas de agua, arena, cemento.
- **Los pelos:** llamados de esta forma a los hierros que quedan sobrando en una estructura, para traslaparlos con otros y poder generar una buena trasmisión de cargas.
- **Traslapo:** es el empalme de los aceros de refuerzo, para dar continuidad en altura o amarrar dos elementos verticales y horizontales.

Abstract

The research of the materialization of a technological project that seeks to improve three branches of civil construction, such as cost, time, and sustainability. Through the design of a product based on polyurethanes, welded steel mesh of ", and dyes, may be forced to compression with the ability to transmit linear loads to the Foundation, trying to generate structural walls light and resistant to lower times and costs that may have better behaviors to the earthquakes."

- **Effort to compression:** It is the result of tensions or pressures that exist within a solid medium continuous, or deformable characterized because it tends to a reduction in volume of the body, and a shortening of the body in a certain direction (coefficient of Poisson).
- **Effort to flex:** It is kind of deformation that presents a structural element lengthened in a direction perpendicular to its longitudinal axis.
- **Structural Wall:** It is those who support the slabs and ceilings, besides its own weight, and they resist the horizontal forces caused by an earthquake or wind.
- **Flejes:** they are closed parts made of steel, which are intended to prevent buckling of the longitudinal bars, prevents the rupture displacement of concrete and columns helps resist shear forces and avoid fissures.
- **Malla electrosoldada:** It is corrugated, transverse, and longitudinal steel bars intersecting rectangular shaped, welded in all their intersections.

- **Structural system:** It is structures composed of several members, which support the buildings and have the function to support burdens on them, transmitting them to the ground.
- **Formaletas:** It is mold or formwork where some kind of material, is poured to create a particular form.
- **Acoustic insulation:** It supposes to prevent sound from entering a medium, or out of it, allows to provide to the enclosure protection against the penetration of the noise, at the time, which prevents the sound out to the outside.
- **Thermal insulator:** It is a product or material used in the construction, characterized by its high thermal resistance which establishes a barrier to the passage of heat between two media would naturally tend to equalize in temperature, preventing heat transfer separators of the system that are interested.
- **Light structures:** It is an industrial system that has as a principle the use of light, material products with small thickness and does not require the addition of water, sand, cement.
- **Los pelos:** calls in this way to the irons that are overrunning in a structure, to overlap them with others and be able to generate a good transmission of loads.
- **Traslapo:** It is the joint of reinforcing steels, to give continuity in height or tie both vertical and horizontal elements.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XXV
Lista de simbolos y abreviaturas	XXV
Introducción	2
Antecedentes	5
Formulacion	8
Justificacion	11
Hipotesis	13
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos especificos	15
Marcos Referenciales	16
1. Marco Historico	16
1.1 Hstoria del poliuretano.....	16
1.2 Historia del acero.....	18
1.3 Historia de diferentes tipos de muros estructurales	20
2. Marco Teorico	21
2.1 La espuma de poliuretano	21
2.1.1 Aplicaciones del poliuretano	43
2.1.2 Material de construccion	44
2.1.3 Adhesivos	45
2.1.4 Lacas, pinturas y esmaltes	46
2.1.5 El deporte y los poliuretanos termoplasticos.....	48
2.1.6 Laminados	48
2.1.7 Versatilidad y posibilidades de diseño	49

2.2 El acero para refuerzos estructurales	51
2.3 Estudio de sistemas estructurales.....	56
3. Marco Conceptual.....	61
4. Marco Normativo.....	65
4.1 Norma y control de calidad del poliuretano.....	65
4.2 Norma y control de calidad del acero	72
5. Marco Comparativo.....	76
5.1 Problemática del concreto.....	76
5.2 variables en el concreto.....	78
Metodología	82
1. Capítulo 1 - Estudio del poliuretano poliol - isocianato	84
2. Capítulo 2 - Pruebas de laboratorio	86
3. Capítulo 3 - Diseño de los tipos de muros estructurales en poliuretano	90
4. Capítulo 4 - Malla electrosoldada y dovelas de transmision de carga	96
5. Capítulo 5 - Diseño de uniones del muro estructural de poliuretano.....	102
6. Capitulo 6 - Ubicación y funcion de las instalaciones hidrosanitarias.....	107
7. Capitulo 7 - Ubicación y funcion de las instalaciones electricas	115
8. Capitulo 8 - Instalacion del muro estructural de poliuretano	120
9. Capitulo 9 - Creacion de empresa y plan de negocios	122
Coclusiones y recomendaciones	123
10.1 Conclusiones parciales.....	123
10.2 Recomendaciones	124
Bibliografía	127

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Enlace Uretano del poliuretano	22
Figura 2: Uniones uretano en un polímero.	22
Figura 3: Reacción de dialcohol con diisocianato	23
Figura 4: Reacción de diamina con diisocianato	23
Figura 5: Spandex o Lycra	24
Figura 6: Polialcoholes a partir de ácido adípico	25
Figura 7: Polialcoholes a partir del ácido caproláctico	25
Figura 8: Polialcoholes a partir del ácido maleico	26
Figura 9: Polialcoholes a partir del ácido tereftálico	26
Figura 10: Polialcoholes a partir del PEG.....	26
Figura 11: Polialcoholes a partir del PPG	26
Figura 12: Polialcoholes a partir del PTMEG.....	27
Figura 13: Diisocianato H12MDI	27
Figura 14: Diisocianato HDI	28
Figura 15: Diisocianato IPDI	28
Figura 16: Diisocianato MDI	28
Figura 17: Diisocianato TDI	29
Figura 18: Diisocianato TMXDI	29
Figura 19: Diisocianato TODI.....	29

Figura 20:	Síntesis de poliuretano.....	30
Figura 21:	Reacción con el DABCO	30
Figura 22:	Funcionamiento del DABCO	31
Figura 23:	El nitró cargado negativamente arranca el hidrogeno del dialcohol.....	32
Figura 24:	El dimero formado puede volver a reaccionar para formarlo.....	33
Figura 25:	Poliétilen glicol	34
Figura 26:	Poliuretano obtenido de un poliglicol	34
Figura 27:	Zonificación de aislamientos	66
Figura 28:	Esfuerzo de deformación del acero.....	74
Figura 29:	Especificaciones de las varillas corrugadas	76
Figura 30:	Formaleta	86
Figura 31:	Primera muestra.....	86
Figura 32:	Realización 2 prototipo.....	88
Figura 33:	Formaleta y muestra.....	88
Figura 34:	Segunda muestra final.....	88
Figura 35:	Peso de la segunda muestra.....	88
Figura 36:	Prueba a compresión.....	88
Figura 37:	Ruptura de la segunda muestra	88
Figura 38:	Vistas internas.....	89
Figura 39:	Axonometría muros de poliuretano	90
Figura 40:	Muro base.....	91
Figura 41:	Muro con puerta tipo 1.....	92
Figura 42:	Muro con puerta tipo 2.....	93
Figura 43:	Muro con puerta tipo 3.....	94
Figura 44:	Muro con ventana	95

Figura 45:	Detalle constructivo muro.....	97
Figura 46:	Tipo de varillas a usar	97
Figura 47:	Detalle constructivo malla	97
Figura 48:	Muro base y malla electrosoldada de ½”.....	98
Figura 49:	Muro con puerta tipo 1 y malla electrosoldada de ½”.....	99
Figura 50:	Muro con puerta tipo 2 y malla electrosoldada de ½”.....	100
Figura 51:	Muro con ventana y malla electrosoldada de ½”.....	101
Figura 52:	Perspectiva muro estructural.....	102
Figura 53:	Union X - hembra	103
Figura 54:	Union X – macho	103
Figura 55:	Perspectiva union tipo X	103
Figura 56:	Union T - hembra	104
Figura 57:	Union T – macho	104
Figura 58:	Perspectiva union tipo T	104
Figura 59:	Union L - hembra.....	105
Figura 60:	Union L – macho	105
Figura 61:	Perspectiva union tipo L	105
Figura 62:	Union I - hembra	106
Figura 63:	Union I – macho	106
Figura 64:	Perspectiva union tipo I.....	106
Figura 65:	Muro con sanitario	109
Figura 66:	Muro con lavaplatos.....	110
Figura 67:	Muro con lavamanos	111
Figura 68:	Muro con ducha	112
Figura 69:	Muro con lavadora	113
Figura 70:	Muro con nevera	114

Figura 71:	Muro con toma electrica	116
Figura 72:	Muro con televisor	117
Figura 73:	Muro con interrupto.....	118
Figura 74:	Muro con telefonia	119
Figura 75:	Traslapo de muros a placa	120
Figura 76:	Instalacion de los muros de poliuretano	121
Figura 77:	Logotipo ESPUAFAR	122
Figura 78:	Visión de producción de ESPUAFAR	123
Figura 79:	Visión de producción de ESPUAFAR	123
Figura 80:	Visión de producción de ESPUAFAR	123
Figura 81:	Importantes e importantes constructoras.....	124

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Propiedades físicas del poliuretano	35
Tabla 2: Cuadro conceptual de la norma UNE	65
Tabla 3: Seguridad en caso de incendio	66
Tabla 4: Informe técnico N°0168TO4 del LICOF.....	69
Tabla 5: Código técnico de la edificación.....	71
Tabla 6: Ensayo de composición química.....	73
Tabla 7: Requisitos de ductilidad según la NSR-10.....	75
Tabla 8: Cronograma 2015-1.....	82
Tabla 9: Cronograma 2015-2.....	83
Tabla 10: Dosificación del poliuretano.....	85
Tabla 11: Primeros resultados pruebas a compresión	87
Tabla 12: Segundos resultados pruebas a compresión	89
Tabla 13: Especificaciones varillas de acero	96
Tabla 14: Especificaciones hidrosanitarias.....	108
Tabla 15: Cuadro comparativo de muros estructurales	126

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término
cm	Centímetro
fy	Limite elastico
fr	Resistencia a la tracción
G	Gravedad
h	Altura
Kg	Kilogramos
L	Longitud
m	Metros
mm	Milímetros
Sg	Segundo
Kgs/m	kilogramo por metro
Kgs/m ²	kilogramo por metro cuadrado
Kgs/m ³	kilogramo por metro cubico
°C	Grados centígrados

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ISOPA	European Isocyanate Producer Association.
PURRC	Polyurethanes Recycle and Recovery Council, USA.
PSI	Libra por pulgada cuadrada.
PUR	Espuma Rígida de Poliuretano.
PVC	Policloruro de Vinilo.
PVCS	Policloruro de Vinilo para aguas residuales.
PVCP	Policloruro de Vinilo para agua potable.
CPVC	Policloruro de Vinilo Clorado.
NSR	Norma Sismo Resistente.
UNE	Una Norma Española.
CTE	Código Técnico de la Esificación.

Introducción

La importancia de este trabajo está enfocada principalmente al campo de la construcción tratando de mostrar innovaciones tecnológicas para tratar de dejar atrás todas las formas tradicionales con las que hoy día seguimos trabajando y aunque todos nosotros los que estamos enfocados en este campo conocemos todas aquellas consecuencias las seguimos utilizando y no tratamos de mejorar por medio de la innovación este tipo de fallas más comunes en las construcciones y que a menudo se pasan por alto, como lo son los asentamientos en suelos, agrietamiento en losas y muros, desprendimiento de pintura en acabados, así como filtraciones de humedad. En ocasiones, estas anomalías no reciben la debida atención ya que se basan en pequeños detalles y no se les da importancia, pero la realidad es que pueden llegar a ocasionar grandes molestias.

Generalmente, estas fallas traen como consecuencia una pérdida económica principalmente; sin mencionar el daño al medio ambiente, y que la gente todavía no está concientizada de este daño que se está generando, pero no solamente se trata de esto, sino que también pueden llegar a poner en riesgo la seguridad de los empleados que trabajan en los proyectos de construcción los llamados (rusos), y por ende a las futuras personas que habitaran los diferentes equipamientos, por ejemplo, en el caso del concreto armado de un muro estructural; puede generar mal olor por humedad, provocar corrosión de materiales e incluso ocasionar una posible falla del acero de refuerzo, ocasionando un retraso en el tiempo de entrega de determinado proyecto, así como un daño estético al edificio o construcción al verse dañado lo cual es muy incómodo para las personas y nosotros los constructores y futuros constructores, debemos tener muy en cuenta que nuestra profesión tiene como objetivo la dignificación de la vida humana.

Si nos devolviéramos muchos años atrás y no se hubiera inventado el cemento, yo me pregunto con qué materiales hoy en día se estarían construyendo edificios con más de 20 pisos en todo el mundo. El cemento se inventó hace aproximadamente 2000 años por los romanos, de forma totalmente accidental. Al hacer fuego en un agujero recubierto de piedras, consiguieron deshidratar y descarboxilar parcialmente las piedras calcáreas o el yeso, convirtiéndolas en polvo que se depositó entre las piedras. Al llover, dicho polvo unió las piedras entre sí. Los egipcios utilizaron un cemento fabricado con yeso impuro calcinado, que sirvió para unir los bloques de piedra en la construcción de las pirámides. El secreto de la durabilidad del cemento se perdió y en la Edad Media tan solo fue posible fabricar cemento de mediana calidad. En 1756, Smeaton descubrió que los mejores cementos se obtenían al mezclar caliza con un 20 - 25% de materia arcillosa. En 1845, Johnson fijó las proporciones de materias primas a utilizar, así como la temperatura de cocción, con lo que se asistió al inicio de la industria de cemento Portland. Dicho nombre le fue dado por su similitud con la piedra de Portland. Actualmente, hay tres procesos de fabricación de cemento que utilizan hornos rotativos desarrollados en Inglaterra en 1855: vía seca, vía seca con precalentamiento, pre calcinación y vía húmeda.

Estamos en 2015 y todavía seguimos manejando este mismo sistema para hacer proyectos arquitectónico, en donde si nos pusiéramos a mirar no hemos avanzado en nada. A fin de estos acontecimientos nos pusimos a pensar y caímos en cuenta que todo lo que uno se propone lo puede lograr, si vemos edificios hoy en día, construidos con cemento, arena, grava y agua, porque no pensar que también podríamos hacer lo mismo con otros materiales, por eso se desea comercializar un producto llamado poliuretano al cual no se le ha dado la importancia y el valor que tiene, donde ni siquiera las normas del mundo lo plantean en sus criterios.

Un material que Otto Bayer en los años 30, intentaba descubrir una fibra sintética similar a la poliamida, desarrollada por entonces en Estados Unidos. Los poliuretanos nacieron cuando Bayer empleó un grupo reactivo que formaba uretanos al entrar en contacto con los alcoholes. En 1937 se le concedió la patente para este procedimiento, aunque durante años se pensó que carecía de utilidad. Sin embargo, en 1947 ya existía un dispositivo que transformaba los poliuretanos y obtenía una variante de la espuma con la que hoy, por

ejemplo, se fabrica la mayoría de los almohadones y tapizados, así como pinturas y adhesivos.

Los sistemas de Poliuretano constan de dos componentes líquidos, uno de ellos es mezcla de polioles con aditivos y el otro un isocianato, que al ser mezclados en forma homogénea reaccionan para formar el poliuretano. La mayoría de estos poliuretanos son espumas para aplicaciones en diversos segmentos de la industria automotriz, de muebles, de refrigeradores, de fabricación de suelas y de la construcción.

En la construcción lo trazan como un aislante proyectado para cámaras y cubiertas. Aislar con poliuretano da mayor rendimiento, es el mejor aislante térmico y acústico. El poliuretano en la construcción supone un ahorro de costos, porque no se desperdicia el material. Además se evita el encofrado y se gana tiempo en la ejecución de la obra. La norma dice estos dos métodos de usarlos, proyectado e inyectado. La proyección de poliuretano se utiliza en obra nueva como aislante térmico y acústico. La inyección de poliuretano se utiliza para rehabilitación de viviendas, también para mejora térmica y acústica y relleno de oquedades.

Por esta razón y después de un gran estudio acerca de todas las propiedades físicas químicas y mecánicas se busca poder implementar más a fondo a los poliuretanos en las obras civiles, tratando de olvidar un poco el material genérico tradicional el concreto para innovar tratando de generar que los esqueletos de los equipamientos que se encargan de mantenerlos en pie y transmitir cargas a la cimentación, puedan ser realizados en poliuretanos, funcionando de la misma manera que los hace el concreto, además de que por sus reacciones genera una serie de novedades las cuales serían espectacular poder ver en la construcción, como lo es el crecimiento apresurado del material, perdiendo su máxima porosidad, aumentando su densidad, mejorando su resistencia, la liviandad con la que se comporta, el tiempo de curado rápido que tiene y sobre todo la limpieza que se deben mantener en las obras es algo realmente vital para poder tener un buen desarrollo en la construcción.

Antecedentes

Para decirles exactamente hasta que momento ha llegado el poliuretano hoy en día en la industria, se mencionara una historia, seguido de como actualmente se utiliza, y terminando con un referente de una competencia directa que se aproxima un poco a lo que se quiere realizar.

El descubrimiento del poliuretano se remonta al año 1937. Se empezó a utilizar en la década de los 50, ya que hasta entonces no existieron máquinas capaces de procesarlo. Los sistemas de poliuretano, hoy en día, son muy versátiles y permiten una gama amplísima de aplicaciones que forman parte de nuestra vida. Su uso se extiende, por ejemplo, a Colchones y sofás (en forma de relleno), Automóviles (volantes, spoilers, alerones, asientos, salpicaderos, como amortiguación de vibraciones y ruidos, etc.), Suelas del calzado (sobretudo deportivo), Fabricación de muebles, Pinturas y barnices, Ventanas, Ingeniería médica (fabricación de piezas para trasplantes y ortopedias, hemofiltros, etc.), en la Ingeniería aeroespacial, también la Industria del frío (tuberías, cámaras frigoríficas, neveras, criogenia, etc.), y por supuesto, en la edificación, como aislamiento térmico, acústico e impermeabilizante.

La primera aplicación de los años 70, fue una capa de espuma de poliuretano a un depósito de almacenamiento de petróleo, para que actúe como aislante.

Existieron dos sistemas de fabricación que conducen a dos productos diferenciados que es la espuma rígida de poliuretano aplicada in situ por proyección, o poliuretano proyectado, que se obtiene mediante pulverización simultánea de los dos componentes sobre una superficie denominada sustrato y el otro sistema es la espuma rígida de poliuretano

aplicada in situ por colada, o poliuretano inyectado, en el que los dos componentes se mezclan físicamente por batido y se introducen en una cavidad donde se realiza la expansión.

El spray de espuma de poliuretano es el rey de los materiales de la construcción, se utiliza como aislante térmico, aislante hidrófugo, antihumedad, por ejemplo, en techos la espuma de poliuretano aísla y elimina el puente térmico, a lo que nos referimos es la transmisión de calor y frío, garantizando una larga duración del techo mismo o ahorrando significativamente el gasto para calefacción o refrigeración. En promedio se extiende de 10 a 15 años la vida útil del techo. El spray de espuma de poliuretano se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones.

En el aislamiento comercial y residencial lo vemos como en paredes, techos, sótanos, etc. En el aislamiento industrial se ve en tanques, cámaras frigoríficas, heladeras, también en edificios que son diseñados para manejar un control de temperatura, y en muchos más objetos donde nunca imaginamos que podían contar con el poliuretano como los barcos, lanchas, diques flotantes, en aviones para aumentar la fuerza estructural de las alas, y muchos más.

El poliuretano se utiliza como un Aislamiento de fachadas, por el exterior que se realiza en muros de una hoja o con cámara de aire no accesible y con posibilidad de renovar estéticamente la fachada. Una vez colocado el aislamiento al muro soporte las diferencias técnicas y económicas de los sistemas se hallan en el tipo de revestimiento como es el continuo con acabado pétreo-polimérico que impermeabiliza y protege la fachada y el discontinuo pétreo o cerámico sobre estructura de madera o metálica, dando lugar a una fachada ventilada.

Del mismo modo también se utiliza como un aislamiento de fachadas por el interior, que se realiza en muros de una hoja o con cámara de aire no accesible y manteniendo la estética exterior de la fachada. El factor determinante es la cantidad de espacio disponible, lo cual limita el espesor del aislamiento que se adopte. Normalmente el mejor resultado se consigue combinando aislamientos de baja conductividad térmica y poco espesor con trasdosados armados o directos a base de placas de yeso laminado como acabado

interior. En el caso del aislamiento interior de la fachada se empleará normalmente espuma de poliuretano proyectada en el caso de que haya desalojo de los ocupantes o bien planchas de poliuretano conformado.

Y para el relleno de cámaras de aire, que se realiza en muros de doble hoja con cámara de aire accesible (bien desde el interior o desde el exterior). Las técnicas de inyección de los diversos productos aislantes están muy desarrolladas y exigen diferentes controles durante su ejecución.

se usa como estructura portante para construcciones, con aplicación de revoque estructural en los dos lados; para tabiques y paredes divisorias, en edificios nuevos o a reestructurar; para tabiques y paredes divisorias en edificios industriales o comerciales de grandes dimensiones; como encofrado fijo aislante para techos y entramados de luces reducidas, con o sin nervaduras pre moldeadas.

Y para concluir con el referente encontramos un producto fuerte en el mercado como es el DURAPANEL, que es un sistema constructivo, monolítico y homogéneo, compuesto por paneles de poliestireno expandido, integrado con dos mallas en acero galvanizado adheridas a la lámina por medio de conectores en acero, permitiendo la transferencia de esfuerzos en ambas caras del panel lo cual origina altas propiedades estructurales. Producen dos tipos, estructural y de cerramiento. El primero es utilizado para muros cargueros, losas, cubiertas y detalles constructivos de alta complejidad. El segundo para cerramientos y divisiones internas; ambos son utilizados en todas las áreas de la industria de la construcción: vivienda, institucional, comercio e industria. Dependiendo de los diseños arquitectónicos y estructurales, se especifica el tipo de panel a usar. El uso estructural de este panel considera un espesor de poliestireno mínimo de 4 cm. con un revoque promedio de 2,5 cm. por cara (aprox. 1,5 cm. sobre la malla) con características estructurales de al menos 250 dN/cm² de resistencia típica a la compresión. Este se utiliza incluso en construcciones en zonas sísmicas, además en entresijos y en losas de cubierta con luces hasta 4 m.

Formulación

La problemática en la construcción es que por siglos, uno de los materiales más comunes utilizados en la construcción ha sido el concreto. Formado a partir de cemento endurecido, el hormigón se ha utilizado para todo, desde andenes peatonales a cimentaciones. Sin embargo, hoy en día se sigue utilizando las mismas técnicas tradicionales que producen un aumento significativo en los costos directos de la construcción y la cantidad de recursos energéticos que se desaprovechan a medida que avanza la tecnología, el hormigón sigue teniendo una variedad de desventajas que deben ser consideradas antes de su uso. Al mismo tiempo que sus propiedades físicas y químicas lo convierten en un material rígido pero a su vez muy pesado generando así grandes falencias tanto en su método constructivo como en el mantenimiento del mismo. Una construcción de concreto no es recomendada para zonas donde el suelo se hunde, ya que un tenue movimiento puede generar grietas y fisuras, teniendo en cuenta que tiene poca resistencia a la tracción, aproximadamente la décima parte de su resistencia a la compresión. Aunque el acero se instala de modo que absorba estos esfuerzos, la formación de grietas es inevitable, necesitando de un encofrado lo cual implica su habilitación, vaciado, espera hasta que el concreto alcance la resistencia requerida para poder desencofrarlo. Con el tiempo estos procedimientos implican, el costo del encofrado que puede alcanzar entre un tercio y dos tercios del costo total de la obra.

Mencionando unos puntos técnicos como es la relación entre resistencia a la compresión versus el peso que está muy por debajo a la correspondiente al acero, el concreto requiere mayores secciones y por ende el peso propio es una carga muy importante en el diseño. Contando con su baja conductividad térmica. Mientras el hormigón se utiliza normalmente como una capa de protección contra el fuego entre las paredes, puede dañarse cuando se expone a un calor intenso. El concreto ayudará a contener la propagación de un incendio,

pero en el proceso se vuelve inservible. Teniendo en cuenta que requiere de un permanente control de calidad, pues ésta se ve afectada por el trabajo de mezcla, colocación, curado, fraguado, etc. Presentando deformaciones variables con el tiempo. Bajo las mismas cargas muertas, las deflexiones en los elementos se incrementan con el tiempo, ya que el hormigón tiene la desventaja de perder el 3% de sus resistencia mecánica por cada 1% de aire introducido. Sin dejar por fuera un punto importante como son las formas de transportarlo a modo de un camión de concreto, una bomba de concreto, una grúa y botes, una canaleta, una banda transportadora y un malacate o un montacargas. En trabajos pequeños, se maneja una carretilla es la manera más fácil para transportar el concreto. Si no se transporta en pequeñas cantidades se obtendrán problemas de segregación y desperdicio lo cual también genera pérdida de tiempo en la obra.

La producción mundial anual de cemento de 1,6 billones de toneladas ocasiona aproximadamente el 7% de la carga total de dióxido de carbono en la atmósfera. El cemento portland, el principal cemento hidráulico que más usamos hoy en día, es responsable de una gran cantidad de gases que dañan el medio ambiente. La producción de una tonelada de cemento portland requiere aproximadamente cuatro GJ (gigajoule) de energía, y su fabricación libera aproximadamente una tonelada de dióxido de carbono a la atmósfera. Las grandes cantidades de extracción de materias primas tales como caliza y arcilla, y el combustible como el carbón, con el tiempo tienen como resultado una deforestación extensiva y pérdida de suelo superficial.

El hormigón común contiene cerca de un 12% de cemento y 80% de agregados en masa. Quiere decir que globalmente, para hacer el hormigón, se está gastando arena, grava, y roca triturada a una rapidez de 10 a 11 billones de toneladas por año. El trabajo de extracción, procesado, y transporte que involucran tales cantidades de agregados consumen a su vez, cantidades enormes de energía, y aquejan la ecología en las áreas forestadas y lechos de los ríos.

La industria del hormigón también emplea grandes cantidades de agua, la utilización de agua es de aproximadamente un trillón de litros, cada año. Grandes cantidades de agua se usan para el curado del hormigón como el agua para la elaboración de las estructuras.

Además de los tres componentes, cemento, agregados, y agua, se agregan numerosos aditivos químicos y minerales a las mezclas de hormigón. Ellos también representan enormes entradas de energía y materiales en el producto final poniendo en peligro la salud humana y los ecosistemas.

Es por eso que se quiere desarrollar un material que supere esas falencias y que genere un menor impacto ambiental reduciendo a su vez los costos directos en la construcción por tal razón es que queremos saber **¿Cuál sería el material que le brinde al sistema a porticado mayor ligereza y sostenibilidad ambiental, reduciendo así mismo los costos directos en la construcción?**

Justificación

La mezcla de poliuretanos, contribuiría a la construcción ligereza y liviandad en los elementos estructurales, ya que el peso se sitúa entre los 9 y 20 kg/m² lo que facilita y economiza el transporte, la manipulación, la instalación y el dimensionado estructural. Por otro lado, en el caso de un incendio estas estructuras evitan que las llamas se propaguen, cumpliendo un papel vital en el terreno de la seguridad contra incendios mediante el uso del poliuretano, es posible reducir el peso de las estructuras en más de un 35%, además de disminuir los costos en un 30%, todo esto sin afectar las propiedades que debe tener las estructuras.

El ahorro en tiempo de ejecución de las obras, una vez mezclados los componentes, el calor liberado durante la reacción se emplea para vaporizar el agente de expansión, que es el causante de la transformación de la mezcla en espuma con un volumen aproximado de 25 veces el volumen de los componentes en estado líquido.

Generando a su vez un menor impacto ambiental lo que genera una mayor sostenibilidad en las obras reduciendo la cantidad de gastos energéticos en la construcción. Los poliuretanos combaten el cambio climático de muchas maneras. Se trata de un material aislante extremadamente eficaz y puede mejorar la eficiencia energética de un edificio y reducir la cantidad de emisiones generadas por la quema de combustibles para calefacción, de modo que generan un ahorro de energía y menos emisiones. En pocas palabras, son sostenibles porque emplean menos del 0,1% del petróleo consumido en el mundo y ahorran hasta cien veces más de lo consumido. Los poliuretanos contribuyen a la sostenibilidad mediante las aplicaciones que se les da, las cuales, como el aislamiento y la refrigeración, contribuyen a la conservación de energía. Es respetuoso con el medio

ambiente, no contiene ningún componente que dañe el ozono, ahorra energía y como consecuencia reduce el uso de combustibles fósiles y el calentamiento global, ayudando a reducir el efecto invernadero. Proporciona buena calidad del aire en el interior de los recintos. Es durable y mantiene sus características físicas a lo largo del tiempo.

Los bajos costos del material por sus propiedades mecánicas se basan en la rapidez de compactación y proporción de su crecimiento lo que genera que por cada elemento vertical u horizontal se aplique una cuarta parte de la longitud lineal del elemento, lo que representaría una gran disminución en los costos directos, alcanzando obras en un menor tiempo teniendo una mayor facilidad para un adecuado control de calidad, tratando de no tener formaciones de juntas de hormigonado, utilizando un uso múltiple y repetitivo de encofrados y formaletas, La construcción se convertiría en una actividad continua, la rapidez de montaje en algunos casos, la vivienda podría ser totalmente desmontable. La cantidad de Ahorro de materiales utilizados en obra así mismo obteniendo una gran reducción de los residuos de la construcción, También poseerían una mayor fortaleza para resistir durante el transporte y montaje, Por lo que respecta a la estética.

El material sería aplicable en un sistema de muros portantes, donde los elementos verticales resistentes son los muros, es decir que el elemento que recibe las cargas posee una de sus dimensiones de un grosor muy inferior a la longitud y la altura basado en la NSR- 10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente) concibiendo un elemento que como característica principal sería transmitir esfuerzos a la cimentación y de la cimentación al terreno, basado en elementos de muros estructurales más livianos. Sería muy importante para la profesión de arquitectura e ingeniería civil (En el campo de la construcción de la obra civil) ahora que se tendría un nuevo material para realizar construcciones de una forma más eficiente rápida e innovadora.

Hipótesis

El esqueleto en una edificación más liviana construida a reducidos costos y tiempos que pueda formar parte de la normativa colombiana (NSR-10) (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente) como uno de los materiales que puede mantener una estructura en pie por más de 50 años con la capacidad de resistir cargas verticales y horizontales.

Lo principal en este muro estructural en poliuretano, es lograr que sea lo suficientemente resistente para soportar las cargas que le son transmitidas por los elementos que soportan, para cubiertas, entrepisos, otros muros superiores, etc. Para lograr la resistencia necesaria se debe tener en cuenta, la calidad y dosificaciones del isocianato y el poliol. La altura de un muro estándar de 2.50 metros de alto, de 1.50 metros de ancho y un espesor de 0.15 metros. Con intención de ser parte de las estructuras livianas. El muro de poliuretano de carga recibiría y transmitiría las cargas de forma lineal.

La construcción del muro estructural de poliuretano se entendería como prefabricado por excelencia, lo que significara que los diferentes elementos que componen la estructura deben ensamblarse o unirse de alguna manera que garantice el comportamiento de la estructura según el diseño. Queriendo contar con aceros en forma de mallas electro soldadas que son los que funcionan a la flexión que harían un funcionamiento compuesto, generando que el muro tenga una buena actividad mecánica.

Llegando a obtener una resistencia estimada de 3000 psi se podría mirar también el funcionamiento del poliuretano en sistemas aperticados, para poder también generar estructuras que mantengan edificios funcionales conformados por columnas y vigas donde se forman los ángulos de 90°, conectados a través de nudos formando pórticos resistentes

en las dos direcciones principales de análisis (x - y). Generando estructuras livianas que soporten las cargas muertas y vivas y que tenga un muy buen comportamiento a los movimientos telúricos, pudiendo tener cerramientos en vidrio u otros tipos de materiales livianos para usar como envolventes de la estructura de poliuretano. Y con el beneficio que tendrían los muros estructurales de poliuretano aparte de servir como estructura también funciona como una espuma de aislante de ruido, ya que se trata de un excelente aislante acústico. Consigue una gran efectividad en la absorción de ruidos e insonorización.

ESPUAFAR sería una unidad de negocio del grupo industrial, que ofrecería soluciones constructivas a través del uso y la transformación del poliuretano, para el sector de la construcción. Daríamos solución a construcciones livianas, efectivas y monolíticas, para muros estructurales de carga.

Objetivos

Objetivo General

Innovación de un material ligero y rígido con las cualidades mecánicas fundamentales para ser utilizado en un sistema estructural de muros de carga, con la capacidad de resistir esfuerzos a compresión y flexión (una utilidad vertical y horizontal).

Objetivos Específicos

- Observar el sistema de funcionamiento de muros estructurales para generar un desarrollo óptimo del material que concuerde con las características mecánicas necesarias planteadas.
- Entender las cualidades físicas y químicas de la mezcla del isociano y polioliol para desarrollar prototipos que proyecten dosificaciones para establecer los alcances del material.
- Identificar ventajas y desventajas de los muros estructurales con otros tipos de sistemas mediante análisis comparativos.
- Comparar el método constructivo del poliuretano establecidos en la norma une, realizando pruebas de laboratorio basados en la NSR-10.
- Identificar de resultados de análisis y conclusiones.

Marcos referenciales

1. Marco histórico

En este marco histórico se mencionara específicamente la historia y el progreso de los materiales que compondrá el muro estructural, que son básicamente el poliuretano y el acero, pero también se indicara una breve historia sobre los diferentes muros de carga.

1.1 Historia del poliuretano

Aunque es un poco escasa la historia del poliuretano, se dice que en la década de los 30's, Otto Bayer, quien dirigía en ese entonces el departamento de Investigación de Bayer AG, quería encontrar una fibra sintética similar a la poliamida que había sido descubierta en Estados Unidos. Contaba con la idea del mecanismo para formar macromoléculas. Otto Bayer consideró como grupo reactivo apropiado el isocianato, que tiene la facultad de entrar en reacción con alcoholes para dar lugar a la formación de uretanos. Durante mucho tiempo se comentó que todo esto que hacía Otto Bayer era "bueno" aunque también era un capricho académico y que no tendría ninguna utilidad práctica. En 1941, a raíz de un experimento fracasado, se logró colocar la primera piedra de la aplicación de poliuretanos. En el citado experimento, numerosas muestras de masas elastoméricas a base de poliésteres y diisocianatos presentaban tantas burbujas que fueron devueltas por la Oficina de Control con la burlesca observación: "Utilizables, cuando mucho, para la fabricación de queso suizo".

Los tecnólogos conseguirían dar muy pronto con la causa de dicha formación de burbujas: en algunos poliésteres se hallaban presentes todavía grupos carboxílicos que reaccionaban con los grupos isocianato formando, a su vez, grupos carbonamida con desprendimiento

simultáneo de anhídrido carbónico, se logró en cuanto se provocó muy conscientemente dicha separación de anhídrido carbónico y por consiguiente, la formación de espuma mediante la adición de pequeñas cantidades de agua. Desde entonces, se ha evolucionado de tal forma que hoy en día el poliuretano forma parte de nuestro modo de vida: en los automóviles (volantes, spoilers, alerones, asientos, guardafangos, etc.).

Existen multitud de piezas hechas con poliuretano; las suelas del calzado, sobre todo deportivo, también son de poliuretano; muchos muebles se fabrican con sistemas de poliuretano, ayudando así a la conservación de nuestros bosques; en ingeniería médica se utilizan poliuretanos para la fabricación de piezas que se usarán en trasplantes y ortopedias; también en la ingeniería aeroespacial y, por supuesto, en la construcción y en la industria del frío (tuberías, cámaras frigoríficas, neveras, etc.) y en muchos otros sectores. Esta evolución se debe en gran parte a que los poliuretanos son una clase muy versátil de polímeros, ya que pueden ser formulados y procesados en formas muy diversas, como por ejemplo en plásticos termoplásticos y termoestables; espumas flexibles, rígidas y semirrígidas; elastómeros blandos y duros; revestimientos, adhesivos, fibras (Spandex), filmes, etc. Desde el punto de vista ecológico, y desde que tuvieron lugar los acuerdos del Protocolo de Montreal de 1991, los sistemas de poliuretano cumplen la normativa y exigencias respecto a la utilización de productos clorados que atacan la capa de ozono. De esta forma, y desde 1995, los sistemas de poliuretano no utilizan los siete llamados CFCs, sino productos alternativos (hidrocarburos, HCFCs, CO₂, etc.) que son productos amigables con el medio ambiente.

Después de tener toda la investigación histórica del poliuretano concluimos que la producción de poliuretano se inició hasta 1952. Entonces salían de la fábrica de Bayer en Leverkusen unas 100 toneladas de materias primas de poliuretano al año. Hoy día se estima el consumo mundial de poliuretano en cerca de siete millones de toneladas anuales. Esas son cifras que se citaron en octubre de 1997 durante el "Polyurethanes World Congress" de Ámsterdam.

Hace casi exactamente seis décadas, los inventores del poliuretano soñaban con la versatilidad y las extensas posibilidades de aplicación de los nuevos compuestos químicos. Pero el 13 de noviembre de 1937, fecha en que al químico Otto Bayer director del laboratorio central científico de Bayer AG durante muchos años, le fuera otorgada la patente a la fabricación de poliuretano, no era previsible en absoluto el éxito que tendría esa innovación polimérica. Esto originó en el círculo de los colegas más burla que reconocimiento. El nuevo material no terminaba de convencer.

Otto Bayer y su equipo sacaron partido de su fracaso inicial. Al buscar las causas del revés se descubrió que la disociación del dióxido carbónico daba lugar a la formación no deseada de burbujas en la masa. Agregándole a la masa porciones de agua dosificadas con exactitud era posible provocar de forma controlada la formación de burbujas definidas en la sustancia base. Ese fue el origen, pues, de la espuma de poliuretano. Pero, entre tanto, había comenzado la II Guerra Mundial. Evidentemente el momento no era oportuno para hablar de espumas. Ni siquiera de la espuma de poliuretano. Hasta que el producto estuvo listo para lanzarlo al mercado tuvieron que transcurrir otros diez años.

Mucho tiempo después de acabar la guerra se siguió trabajando sistemáticamente el resultado por pura casualidad. Solamente a principios de los años cincuenta, se logró ajustar la receta de las espumas de poliuretano, de manera que según fuera necesario se podían obtener espumas blandas, para colchones y elementos acolchados, o bien espumas duras, para aplicaciones técnicas.

1.2 Historia del Acero

Ahora mencionaremos una breve historia del acero ya que es el otro material que va a trabajar en conjunto con el poliuretano para poder trabajar uniformemente. No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3.000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1.000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento

térmico. Las aleaciones producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.C.) se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y soldar y consolidar el hierro.

El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico.

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero. La producción moderna de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre.

Desde la década de 1960 funcionan varios mini hornos que emplean electricidad para producir acero a partir de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

1.3 Historia de diferentes tipos de muros estructurales

En la antigüedad se construyeron muchos tipos de muros de carga, los más antiguos que se conservan son de adobe o piedra. Se tiene constancia de la existencia de pastas y morteros precursores del hormigón desde los tiempos del Antiguo Egipto, pero fueron los romanos los que impulsaron este material con la técnica del Emplectum, consistente en crear dos hojas exteriores de sillares de piedra, rellenas de un mortero de cal con arena y cascotes. Esta técnica constructiva se ha repetido con ligeras variantes (como el muro Dacio), a lo largo de la historia.

En los lugares donde la piedra escaseaba o era excesivamente costoso conseguirla, ésta se sustituyó por el barro en forma de adobe: un ladrillo de barro secado al sol. Asimismo, se puede establecer un paralelismo entre el emplectum y el tapial, una forma de construcción consistente en aprisionar barro entre dos placas o encofrados de madera, y compactarlo en sucesivas tongadas mediante mazos o pisones. Una vez se terminaba una hilada de tapias, se colocaban el encofrado encima, y se repetía la operación. Con estas técnicas de tapial y adobe se lograron erigir edificios de hasta seis alturas, algunos de los cuales perduran en Yemen. Pero el material más empleado para realizar muros de carga es el ladrillo: una evolución del adobe cuya diferencia estriba en el proceso de cocción, que le confiere mayor resistencia y durabilidad. El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es inusual encontrar muros de carga de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de una o dos alturas. Una variante del muro de carga de ladrillo es el realizado con bloque de hormigón, si bien no es posible alcanzar grandes alturas por este método. Al igual que en las épocas anteriores, también existe un reflejo del emplectum romano en el empleo actual del hormigón en masa, donde, como sucediera en el tapial, el hormigón se confina mediante encofrados hasta que éste fragua y adquiere dureza.

La aparición del acero, capaz de soportar las tensiones de tracción, permitió la aparición del hormigón armado y de las estructuras metálicas, que modificó radicalmente la forma de construir, dejando obsoletos los muros de carga. En la actualidad, estos muros solo se emplean en obras de poca entidad, como muros de contención de terreno en obras públicas

y en sótanos, siendo el resto de la estructura una combinación de vigas y pilares, por lo que los muros rara vez adquieren funciones portantes o estructurales, y su único propósito es el de compartimentar o aislar los espacios.

Hasta finales del siglo XIX, se construían muros de mampostería y piedra, a partir del siglo XX se comenzó a construir muros de concreto en masa y de concreto armado, desplazando en muy buena parte a los materiales anteriormente utilizados.

2. Marco teórico

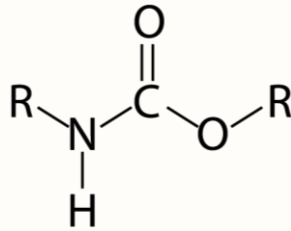
En esta etapa reunimos la información documental para confeccionar el diseño del proyecto, la información recogida para este marco nos proporcionará un conocimiento profundo de la teoría del poliuretano, el acero y del sistema constructivo.

2.1 La espuma de poliuretano

Se fabrica a partir de la reacción química de isocianatos y alcoholes polihídricos. En el año 1937 se fabricaban fibras de poliuretano competitivas con las poliamidas. Las principales aplicaciones de los poliuretanos han sido para aislamiento térmico, como las espumas, también los elastómeros, los adhesivos y recubrimientos superficiales. Los procesos de transformación son diferentes para cada caso. Los tipos lineales se pueden moldear por inyección, compresión o extrusión. Se pueden usar otras tecnologías como la hilatura en húmedo para hilados de calidad, o bien en los tipos reticulados, los sistemas normales de elaboración de la goma, pinturas y adhesivos. El poliuretano básico es formado mezclando dos líquidos, un alcohol polihídrico y un diisocianato. El entrecruzamiento es llevado a cabo con resinas epoxies con la adición de un tercer compuesto reactivo. Los poliuretanos tienen óptima elasticidad y flexibilidad, resistencia a la abrasión (5 a 6 veces más que el caucho) y al corte. Gran resistencia a los aceites minerales y grasas. Buena barrera al oxígeno, ozono y luz UV. Los usos más conocidos son: fuelles, tubos hidráulicos, paragolpes en la industria automotriz, juntas, empaquetaduras. Los más duros se emplean para piezas deslizantes, cápsulas, suelas para zapatillas, ruedas especiales.

En la **Estructura Química** los poliuretanos componen la familia más versátil de polímeros que existe. Pueden ser elastómeros y pueden ser pinturas. Pueden ser fibras y pueden ser adhesivos. Aparecen en todas partes. El nombre asignado de poliuretanos viene de que su cadena principal contiene enlaces uretano.

Figura 1: Enlace Uretano del poliuretano.

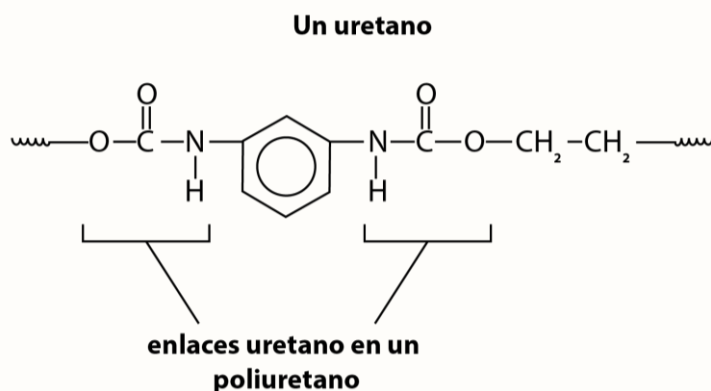


Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Los poliuretanos forman parte de los llamados polímeros termoestables, estos se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una red tridimensional que no funde. Esto los diferencia de los polímeros termoplásticos. Además los poliuretanos polimerizan irreversiblemente con calor o presión formando una masa rígida y dura.

Los poliuretanos son los polímeros mejor conocidos para hacer espumas. Pero los poliuretanos son más que espumas.

Figura 2: Uniones uretano en un polímero.

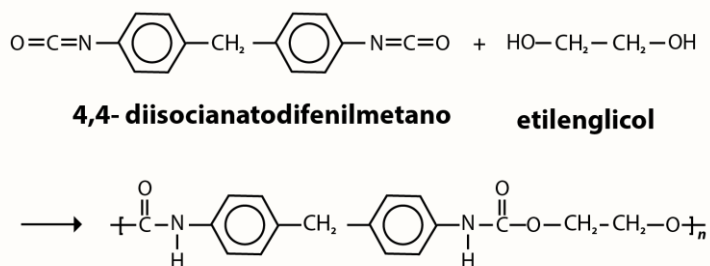


Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Un poliuretano puede ser cualquier polímero que contenga un enlace uretano en su cadena principal. Cuando se hace reaccionar monómeros con una funcionalidad mayor que dos, se

forma un polímero termoestable. Un ejemplo de esto es la reacción de los diisocianatos con un glicerol, o con ésteres poliglicólicos. Por lo visto anteriormente se puede decir que los poliuretanos se sintetizan haciendo reaccionar diisocianatos con dialcoholes. A continuación se presenta un ejemplo.

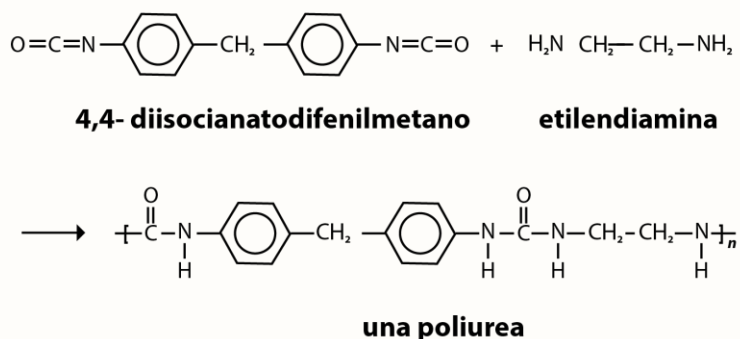
Figura 3: Reacción de dialcohol con diisocianato.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

A veces, el dialcohol se sustituye por una diamina y el polímero que obtenemos es una poliurea, porque contiene más bien un enlace urea, en lugar de un enlace uretano. Pero generalmente se los llama poliuretanos, porque probablemente no se venderían bien con un nombre como poliurea.

Figura 4: Reacción de diamina con diisocianato.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

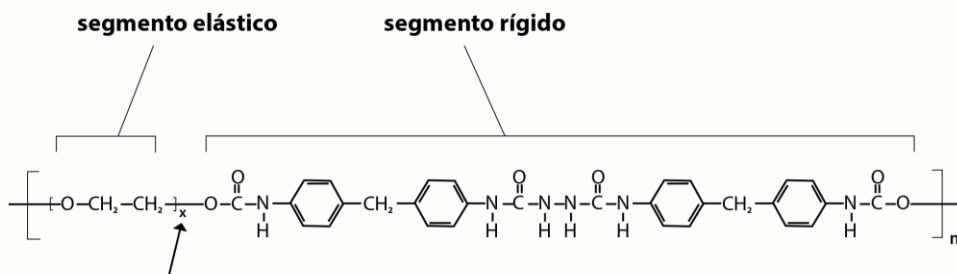
Los poliuretanos son capaces unirse perfectamente por enlace, por puente de hidrógeno y así pueden ser muy cristalinos. Por esta razón se utilizan a menudo para hacer copolímeros

en bloque con polímeros de estructura similar al caucho. Estos copolímeros en bloque tienen características de elastómeros termoplásticos.

Los poliuretanos pueden ser de dos tipos, flexibles o rígidos, dependiendo del número de -OH que tengan. Los rígidos se obtienen cuando el diisocianato se hace reaccionar con poliglicoles. Los poliuretanos flexibles se consiguen utilizando trioles obtenidos a partir del glicerol y del óxido de propileno. También se puede usar el óxido de etileno, aunque se prefiere el propileno porque le da mayor resistencia a la humedad.

Un elastómero termoplástico poliuretánico es el Spandex, que DuPont vende bajo el nombre comercial Lycra. Tiene enlaces urea y uretano en su cadena. Lo que le confiere al spandex sus características especiales, es el hecho de que en su estructura tiene bloques rígidos y flexibles. La cadena polimérica corta de un poliglicol, de generalmente cerca de cuarenta unidades de longitud, es flexible y parecida al caucho. El resto de la unidad de repetición, es decir el estiramiento con los enlaces uretano, los enlaces urea y los grupos aromáticos, es extremadamente rígido. Esta sección es tan fuerte que las secciones rígidas de diversas cadenas se agrupan y se alinean para formar fibras. Obviamente, son fibras inusuales, pues los dominios fibrosos formados por los bloques rígidos están unidos entre sí por las secciones flexibles parecidas al caucho. El resultado es una fibra que actúa como elastómero. Esto permite que logremos una tela capaz de estirarse, ideal para la ropa de gimnasia y similares.

Figura 5: Spandex o Lycra.



x= alrededor de 40

El Spandex presenta una estructura compleja, con enlaces urea y uretano en la cadena principal

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Dialcoholes

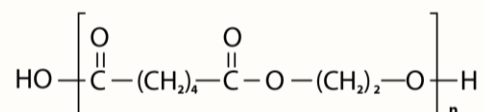
Un dialcohol es un compuesto orgánico que se compone por dos grupos Alcohol (-O-H) y que tendrán características magnificas para ser polimerizados.

A continuación se muestran los polialcoholes más usados para la obtención de poliuretanos.

Polialcoholes a partir de ácido adípico

El ácido adípico es un ácido carbónico. Los polialcoholes de poliéster hecho a partir de ácidos adípicos son productos importantes para la producción de poliuretano. Los poliuretanos a base de polialcoholes de poliéster tienen en general excelentes propiedades mecánicas. Tanto la estabilidad hidrolítica como la elasticidad de los poliuretanos hechos de polialcoholes de poliéster son inferiores que los poliuretanos hechos de polialcoholes de poliéteres.

Figura 6: polialcoholes a partir de ácido adípico.

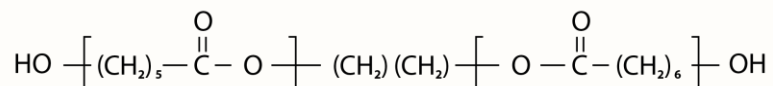


Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de ácido caproláctico

Los polialcoholes de poliéster hechos a partir del caproláctico tienen en general una baja viscosidad y una mejor estabilidad hidrolítica.

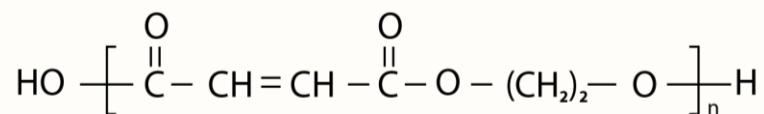
Figura 7: polialcoholes a partir del ácido caproláctico.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de ácido maleico

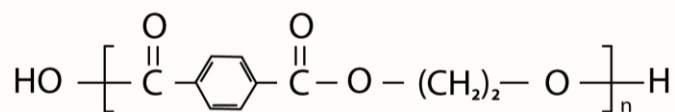
El ácido maleico es un ácido carbónico. Los polialcoholes de poliéster hechos a partir de ácido maleico son un importante producto intermedio para la producción de poliuretanos.

Figura 8: polialcoholes a partir del ácido maleico.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de ácido tereftálico

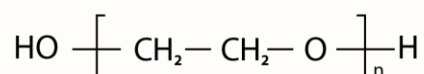
El ácido tereftálico es un ácido carbónico. Son muy usados en la producción de poliuretanos como planchas y fibras sintéticas.

Figura 9: polialcoholes a partir del ácido tereftálico.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de PEG

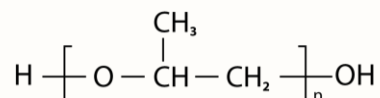
El PEG (polietilenglicol) es un polialcohol de polieter. A causa de la estabilidad hidrolítica del polieter, el PEG es usado para elementos flexibles como espumas, elastómeros, adhesivos, etc.

Figura 10: polialcoholes a partir del PEG.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de PPG

El PPG (polipropilenglicol) es un polialcohol de polieter. A causa de la estabilidad hidrolítica del polieter, el PPG es usado para elementos flexibles como espumas, elastómeros, adhesivos, etc.

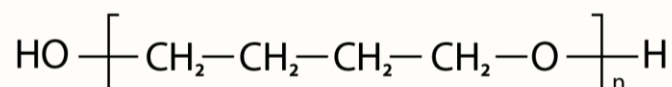
Figura 11: polialcoholes a partir del PPG.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Polialcoholes a partir de PTMEG

Los PTMEG (politetrahidrofuranos) es entre otros el nombre común para el politetrametileneterglicol. Los poliuretanos de PTMEG tienen muy buenas propiedades mecánicas y tiene estabilidad hidrolítica.

Figura 12: polialcoholes a partir del PTMEG.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

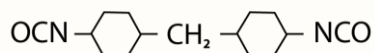
Los polialcoholes de poliéster nos dan poliuretanos flexibles. Comparados con los poliuretanos hechos de poliéteres, estos van a ser menos estables hidrolíticamente y tendrán una reducida elasticidad. Los productos hechos con polialcoholes de poliéster a menudo se aprovechan de las buenas propiedades mecánicas. Los polialcoholes con grupos amina en lugar de alguno de los grupos alcohol son muy reactivos. Los alcoholes con un solo grupo -OH se usan para bajar el peso molecular de los poliuretanos. Van a cambiar las propiedades de los poliuretanos a los que se le añade.

Un **Diisocianato** es un compuesto orgánico que está compuesto por dos grupos Cianatos ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$) y que tendrán características magníficas para ser polimerizados. Hay muchísimos diisocianatos diferentes pero a continuación se exponen los más importantes para formar poliuretanos.

H12MDI

El 4,4'-diisocianato dicitclohexilmetano (H_{12}MDI o MDI hidrogenado) es una importante materia prima para la producción de dispersiones de poliuretano, prepolímeros y elastómeros de poliuretano resistentes a la luz y al amarillamiento.

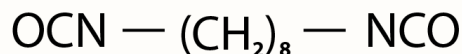
Figura 13: Diisocianato H12MDI.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

HDI

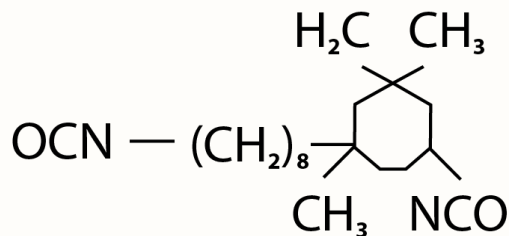
Hexilmetileno o hexileno diisocianato. Se usa en la producción de poliuretanos. Es un líquido incoloro con un olor agudo. Se pueden obtener productos estables a la luz con estos isocianatos alifáticos.

Figura 14: Diisocianato HDI.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

IPDI

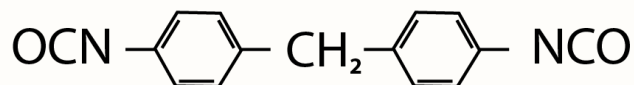
Isopronon diisocianato se usa para obtener adhesivos de poliuretanos o ropa de poliuretano y además, algún elastómero de poliuretano. Es alifático y por lo tanto estable a la luz y menos reactivo que el MDI y el TDI.

Figura 15: Diisocianato IPDI.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

MDI

Entre el TDI y el HDI está el MDI. Es uno de los diisocianatos más importante técnicamente; el cual en adicción a ditri y polialcoholes genera muy buenos poliuretanos. Hay dos clases: el 2,4-MDI y el 4,4-MDI.

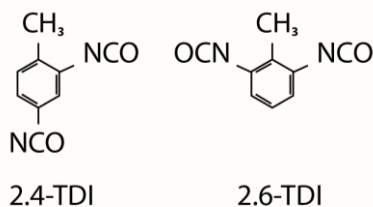
Figura 16: Diisocianato MDI.

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

TDI

La mezcla del 2,4- y el 2,6-toluoldiisocianato es un importante material básico para la producción de poliuretano. Los áreas de uso son las espumas, los elastómeros, bases de lacas, ropas y adhesivos. Dependiendo del campo de utilización la mezcla entre ambos será de diferentes proporciones.

Figura 17: Diisocianato TDI.

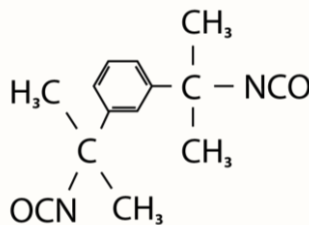


Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

TMXDI

TMXDI es una abreviación para el 1,3-diisocianato-1-metiletilbenceno, que brinda estabilidad a la luz.

Figura 18: Diisocianato TMXDI.

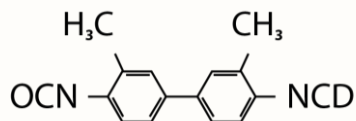


Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

TODI

Es un diisocianato para la producción de poliuretanos de alta calidad y de propiedades tan peculiares como elevadas propiedades mecánicas incluso a altas temperaturas, además de buenas resistencias al corte, rasguño y las abrasiones.

Figura 19: Diisocianato TODI.



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

De modo que los electrones del DABCO forman un enlace por puente de hidrógeno entre el hidrógeno (alcohol) y el nitrógeno (DABCO). Este enlace por puente de hidrógeno deja una carga positiva parcial sobre el nitrógeno, y más importante aún, una carga parcial negativa sobre el oxígeno. Esta carga parcial negativa activa mucho más al oxígeno. De modo que se vuelve muy reactivo. Este oxígeno tiene un exceso de electrones, de modo que reaccionará con algo que se encuentre deficiente de electrones. Si se observa el isocianato, veremos que el carbono del grupo isocianato se sitúa justo en el medio de dos elementos electronegativos como el oxígeno y el nitrógeno. Esto quiere decir que dicho carbono se verá muy pobre en electrones. Por ello, el oxígeno reacciona con él. Arroja un par de electrones sobre ese carbono y se establece un enlace.

Figura 22: Funcionamiento del DABCO.

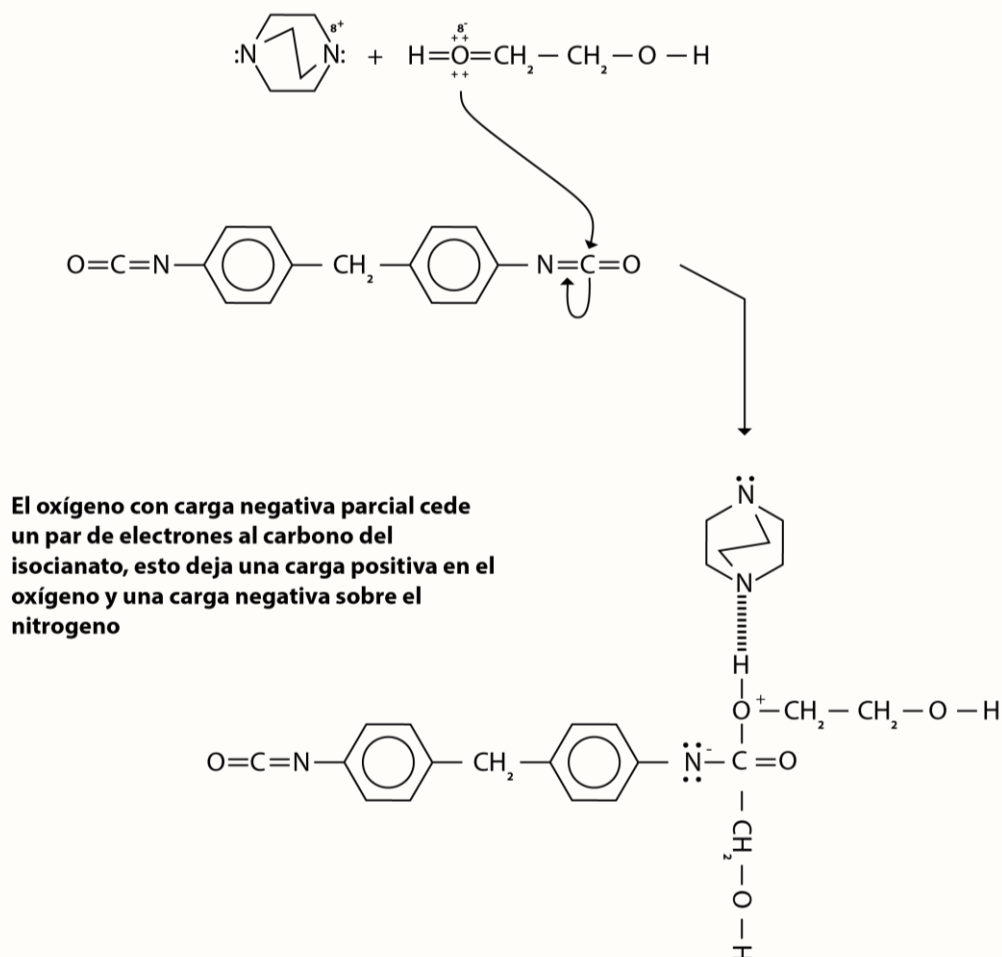
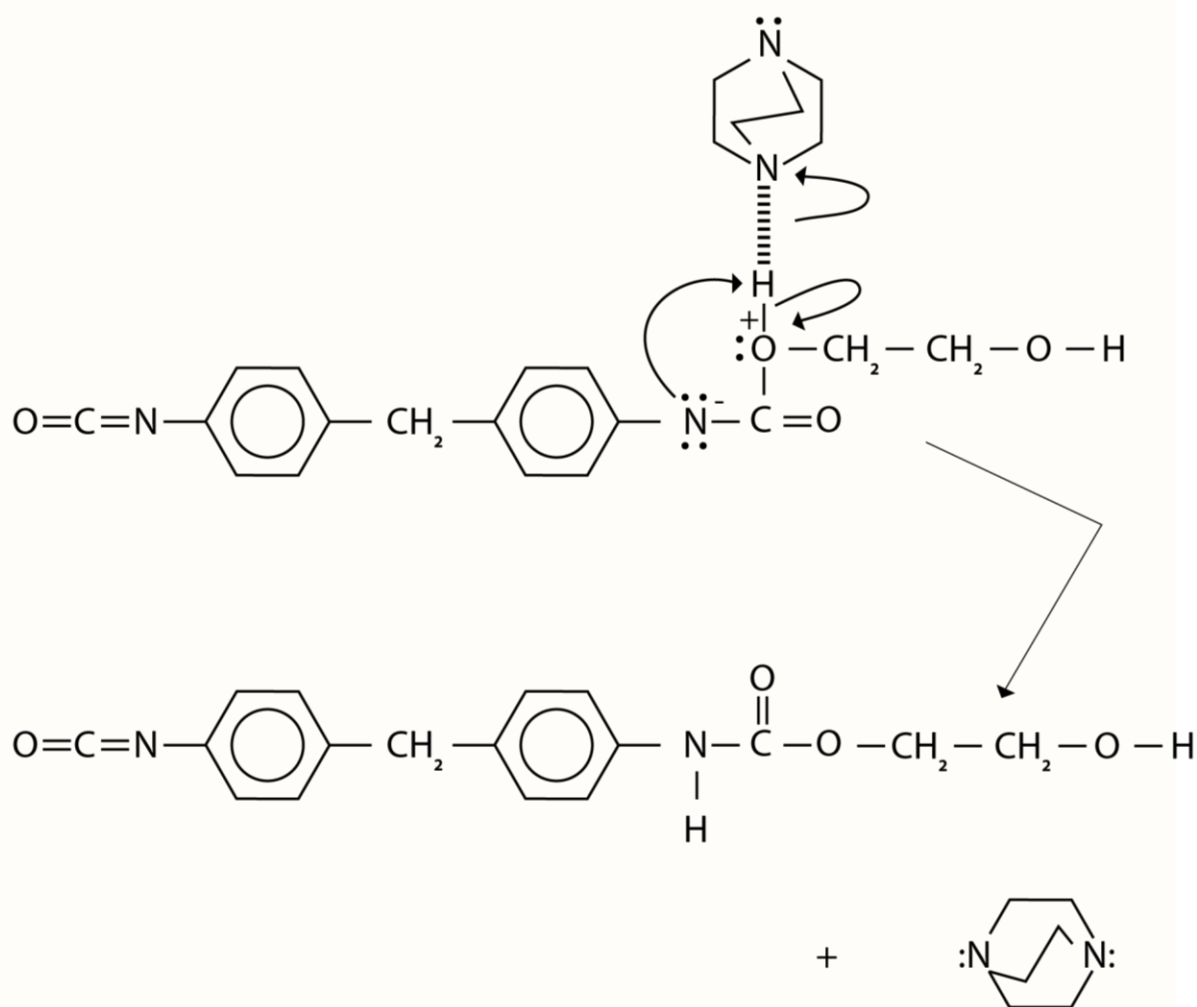


Figura 22: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

De hecho, esto desplaza un par electrónico del doble enlace carbono-nitrógeno. Este par se sitúa sobre el nitrógeno, confiriéndole una carga negativa. Mientras tanto el oxígeno, que cedió un par electrónico, quedará con una carga positiva. Esta carga negativa hace al nitrógeno muy inestable. Por ello cede (para estabilizarse) el par de electrones al átomo de hidrógeno del alcohol. Esto forma un enlace entre ese hidrógeno y el nitrógeno.

Figura 23: el nitrógeno cargado negativamente arranca el hidrogeno del dialcohol.

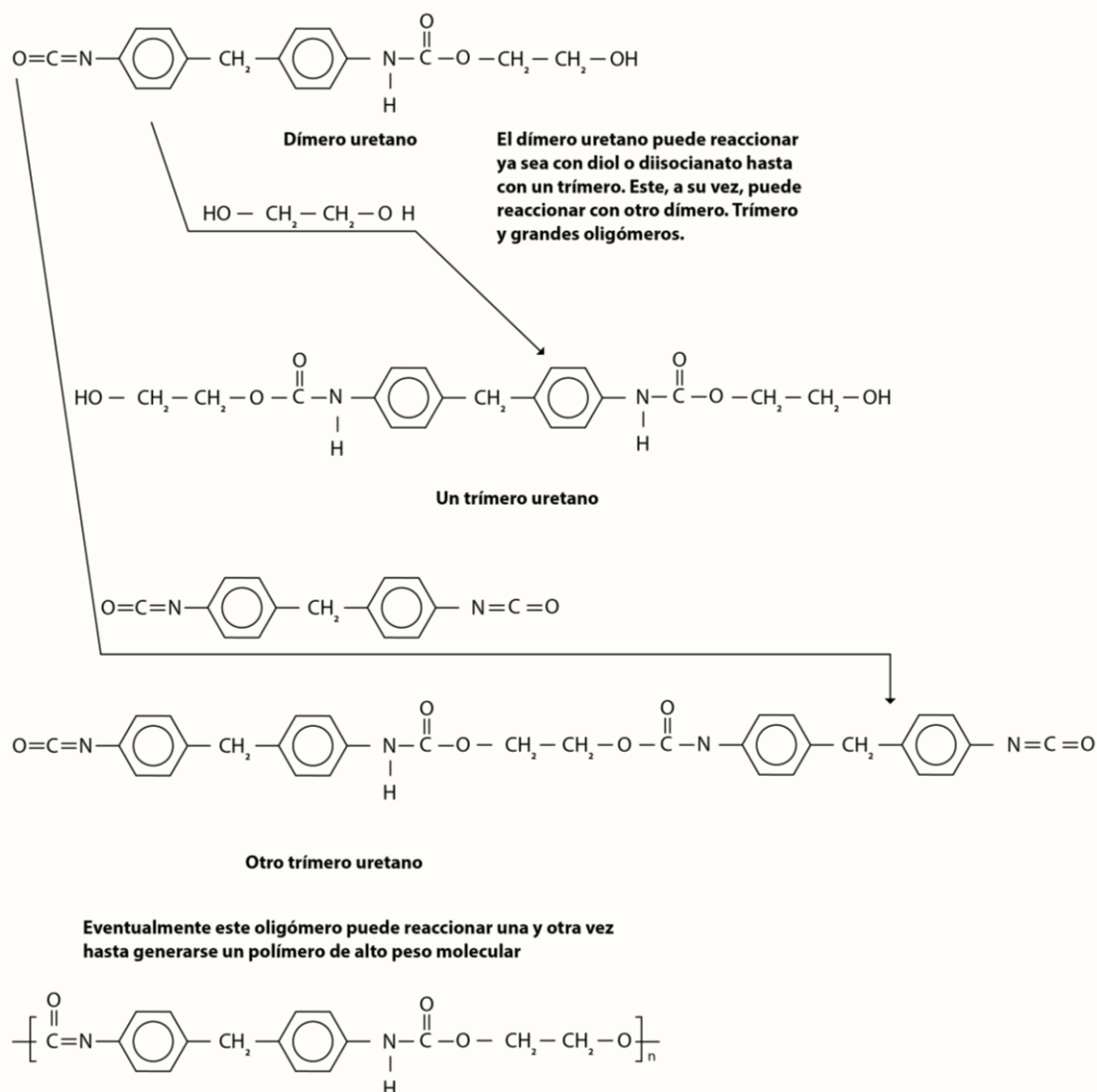


La carga negativa del nitrógeno quita el hidrógeno del alcohol, formandose un uretano.

Los electrones que el hidrógeno había compartido con el oxígeno ahora pertenecen sólo al oxígeno. Esto elimina esa carga positiva que portaba el oxígeno. Cuando todo esto termina, se obtiene una nueva clase de dímero de uretano.

Este dímero de uretano tiene un grupo alcohol en un extremo y un grupo isocianato en el otro, de modo que puede reaccionar ya sea con un dialcohol o con un diisocianato para formar un trímero. O puede reaccionar con otro dímero, o un trímero, o aún oligómeros más grandes. De esta forma, monómeros y oligómeros se combinan y combinan hasta que obtener un poliuretano de alto peso molecular.

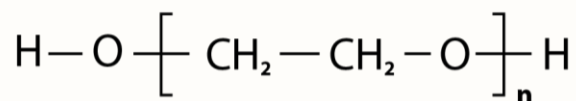
Figura 24: el dímero formado puede volver a reaccionar para formar el poliuretano



Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Llegados a este punto, no sólo reaccionan los monómeros, sino también los dímeros, trímeros y así sucesivamente. Esto nos habla de una polimerización por crecimiento en etapas. Además, debido a que no se producen pequeñas moléculas como subproductos, se trata de una polimerización por adición. A veces, en lugar de emplear una molécula pequeña de un diol como el etilenglicol, se usa un poliglicol de un peso molecular mucho mayor.

Figura 25: polietilen glicol.

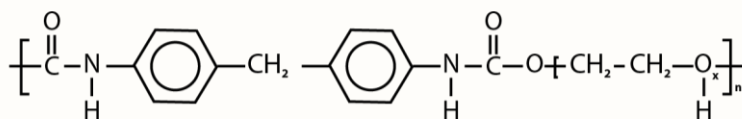


Polietilen glicol

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Esto conduce a un polímero dentro de otro polímero, por así decirlo, y obtenemos:

Figura 26: poliuretano obtenido de un poliglicol.



Bloque rígido

Bloque elástico

Un poliuretano obtenido de un poliglicol

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Propiedades principales

- La mayoría de los poliuretanos son termoestables aunque existen algunos poliuretanos termoplásticos para algunas aplicaciones especiales.
- Posee un coeficiente de transmisión de calor muy bajo, mejor que el de los aislantes tradicionales, lo cual permite usar espesores menores en aislaciones equivalentes.

- Mediante equipos apropiados se realiza su aplicación "in situ" lo cual permite una rápida ejecución de la obra consiguiéndose una capa de aislación continua, sin juntas ni puentes térmicos.
- Su duración, debidamente protegida, es indefinida.
- Tiene una excelente adherencia a los materiales normalmente usados en la construcción sin necesidad de adherentes de ninguna especie.
- Tiene una alta resistencia a la absorción de agua.
- Buena estabilidad dimensional entre rangos de temperatura desde -200 °C a 100 °C.
- Refuerza y protege a la superficie aislada.
- Dificulta el crecimiento de hongos y bacterias.
- Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, agua dulce y salada, hidrocarburos, etc.

Propiedades físicas

Aunque es evidente que las propiedades físicas dependen mucho del proceso de fabricación aquí hay ejemplos de ciertos compuestos.

Tabla 1: Propiedades físicas del poliuretano

Densidad	D-1622 Kg./m ³	32	40	48
Resistencia Compresión	D-1621 Kg./cm ²	1.7	3.0	3.5
Módulo compresión	D-1621 Kg./cm ²	50	65	100
Resist. Tracción	D-1623 Kg./cm ²	2.5	4.5	6
Resist. Cizallamiento	C-273 Kg./cm ²	1.5	2.5	3
Coef. Conductividad	C-177 Kcal/m.h°C	0.015	0.017	0.02
Celdas cerradas	D-1940 %	90/95	90/95	90/95
Absorción de agua	D-2842 g/m ²	520	490	450

Fuente: Blog dedicado a la Tecnología de los plásticos, 2011.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas dependen de la medida de su peso volumétrico; a medida que este aumenta, aumenta su propiedad de resistencia. Los pesos volumétricos más usuales se hallan comprendidos entre 30 y 100 kg/m³, dentro de estos límites se obtienen los siguientes valores:

- Resistencia a la tracción entre 3 y 10 (Kp./cm²)
- Resistencia a la compresión entre 1,5 y 9 (Kp./cm²)
- Resistencia al cizallamiento entre 1 y 5 (Kp./cm²)
- Módulo de elasticidad entre 40 y 200 (Kp./cm²)

Resistencia a los productos químicos

El poliuretano es resistente al agua potable, al agua de lluvia y al agua de mar, las soluciones alcalinas diluidas, los ácidos diluidos, los hidrocarburos alifáticos como por ejemplo la gasolina normal, el carburante diesel, el propano, el aceite mineral, así como los gases de escape y el aire industrial (SO₂). Es condicionalmente resistente (hinchamiento o encogimiento) a los siguientes productos: los hidrocarburos clorados, las acetonas y los éteres, no es resistente a los ácidos concentrados.

Comportamiento ignífugo

En el sector de la construcción se emplean exclusivamente materias primas que dan lugar a una espuma sintética autoextinguible. Mediante la combinación de una capa cubriente incombustible se alcanza el predicado (difícilmente inflamable), según DIN 4102.

Poder adhesivo

Una propiedad particularmente interesante del poliuretano es para el empleo como material de construcción por su adhesión a diferentes materiales. Durante la fabricación la mezcla experimenta su estado intermedio pegajoso y en virtud de la fuerza adhesiva propia, automática y excelentemente se adhiere al papel, al cartón y al cartón asfaltado para techos, así como a las maderas, a las planchas de fibras duras y de virutas prensadas, a la piedra, al hormigón, al fibrocemento, a las superficies metálicas y a un gran número de materias plásticas.

Los poliuretanos tienen en general las siguientes características:

- excelente tenacidad.
- flexibilidad, alta capacidad de alargamiento.
- excelente relleno de holgura.
- puede pintarse una vez curado.
- excelente resistencia química.

La espuma en la construcción es uno de los aislantes térmicos más potente del mercado. Por su durabilidad, alta resistencia y fácil aplicación se ha convertido en uno de los materiales imprescindibles para mantener frías o calientes las edificaciones según la estación del año. Si usted está pensando en un proyecto para realizar una edificación ecológica, aproveche los nuevos productos disponibles, le pueden ayudar mucho a ahorrar energía mientras colabora con la protección del planeta. La espuma aislante soplada en spray es una innovación que ofrece varios beneficios prácticos y para el cuidado del Medio Ambiente.

El costo de aplicar espuma aislante en spray es más elevado comparándolo con la alternativa tradicional de la fibra de vidrio. Debido a la naturaleza del producto puede ser solamente aplicado por profesionales, lo cual eleva los costos, pero como sea, un sistema de aislación con espuma no solamente se paga solo, también es posible sacarle un rédito. La espuma aislante para aplicar en spray es de poliuretano líquido, que se transforma en sólido al quedar expuesto al aire ambiente, tiene consistencia de espuma una vez que alcanza una superficie sólida. El estado líquido permite penetrar rajaduras finas y agujeros en la superficie, algo que la fibra de vidrio no puede proteger.

La espuma de poliuretano es un material para aislamiento térmico, cuyos componentes químicos están diseñados para conseguir una estructura ligera, rígida y de celdas cerradas. Estas encierran en su interior el agente expándete que, al estar inmóvil, otorga características de aislamiento térmico muy superiores a las de otros materiales.

La espuma se forma básicamente por la reacción química de dos componentes, polioli e isocianato. Su formulación admite múltiples variantes para mejorar su densidad dependiendo del caso que se requiera. Además, desde el punto de vista ecológico, este sistema cumple con la normativa y exigencias respecto a la utilización de productos clorados que atacan la capa de ozono. Este material permite lograr aislación térmica e impermeabilizar toda clase de viviendas, naves industriales, estanques, piscinas, vehículos, cañerías y ductos de ventilación, puesto que se puede aplicar sobre ladrillo, asbesto-cemento, metal, cartón, cemento y otros sistemas constructivos. Por otra parte, además de proporcionar gran rigidez estructural a la zona aplicada, ya que forma un manto monolítico sin juntas ni puentes térmicos y por ende evita la pérdida de energía, la espuma de poliuretano se caracteriza por no absorber la humedad y brindar una máxima adherencia y excelente absorción del sonido; y los elastómeros de poliuretano, por su resistencia a la abrasión y absorción al impacto. Está formulada con retardante ignífugo y, según la norma ASTM D1962/59T se clasifica como "difícilmente combustible". Finalmente, ofrece una importante característica de flexibilidad al amortiguar golpes o remezones en caso de producirse movimientos telúricos.

Parámetros de confort:

- Tiempo de inicio en segundos 16 a 20
- Tiempo de hilo en segundos 124 a 130
- Tiempo de ascenso en segundos 235 a 245
- Tiempo de curado en segundos 305 a 322
- Densidad libre kg/m³ 20,5 a 21,5

Parámetros Recomendación:

- Temperatura del molde 40 a 45°C
- Temperatura de los componentes - Ambos de 20 a 25°C
- Presión de inyección - Ambos de 100 a 150 bar
- Presión de los tanques - Ambos de 2,5 a 3,5 bar

La espuma rígida de Poliuretano, aplicada por aspersión, no solo es buen aislante, sino que también es monolítica y auto adherente. Esta continuidad del polímero aplicado lo vuelve uno de los materiales de más baja absorción de agua, y si la piel del polímero se protege adecuadamente de los rayos ultravioleta, es impermeable.

El proceso de aplicación de la espuma rígida de Poliuretano es uno de los más rápidos en el mercado, debido a su auto adherencia a todo tipo de sustratos, los cuales como requisito, solo tienen que estar limpios y secos y a una temperatura no inferior a 10 °C. Esta auto adherencia y el hecho de que el polímero se forma en el momento y en el sitio de la aplicación hace que se pueda aplicar sobre todo tipo de formas, (planas, curvas, esféricas etc. y tanto por el lado exterior como por el interior). Una vez aplicada la espuma, se reducen considerablemente los fenómenos de expansión y de contracción de las superficies por cambios en la temperatura ambiente y la humedad, reduciendo considerablemente las cargas por estos conceptos y aumentando la resistencia de los materiales de construcción. El aumento en la resistencia estructural de los sustratos sobre los que se aplica, es tan notorio que se pueden reducir los calibres de los materiales de construcción cuando estos sean aislados con espuma de poliuretano, al contrario de estructuras que no se aíslan o que se aíslan con otros materiales, los cuales inclusive debilitan las estructuras por los múltiples puntos de fijación que requieren y las perforaciones correspondientes.

La inercia química del polímero de Poliuretano una vez formado, hace que sea el aislante ideal en plantas químicas criogénicas ya que no solo es el aislante de más baja conductividad térmica, sino que además es inerte a la acción de casi cualquier compuesto químico, tanto en fase líquida como en Fase vapor. Adicionalmente al carecer de valor nutricional, no es comestible y por lo tanto no está sujeto a la acción de roedores y plagas.

Las características técnicas de la espuma rígida de Poliuretano la hacen el aislamiento y el material más adecuado en:

- Techos industriales y residenciales
- Cuartos fríos y congeladores
- Barcos, tanto para flotación como para aislamiento

- Líneas, tanques y plantas criogénicas
- Aislamiento de granjas de producción avícola y porcícola
- Aislamiento de auditorios y cines, (Térmico y acústico)
- Automóviles, (aislamiento, anticorrosivo y resistencia al impacto)
- Aislamiento acústico y decoración (Discotheques, escenografías etc)

La aplicación solo se debe realizar en ausencia de lluvia y de preferencia con clima seco, la velocidad del viento no debe exceder 15 km/hr

En climas fríos pero secos, se puede aplicar prácticamente a cualquier temperatura ambiente, siempre y cuando las temperaturas del sustrato y de los materiales compensen la baja temperatura ambiente. Las aplicaciones de Poliuretano por aspersión, generan una brisa de partículas finas que se esparcen con mucha facilidad a los lugares menos deseados, y que son muy difíciles de eliminar una vez adheridas a muebles, pisos, automóviles o ropa, por lo cual cualquier aplicación debe hacerse protegiendo las áreas vecinas a la aplicación.

Fundamentalmente la aplicación de la espuma por aspersión es un proceso en el que la formulación y el equipo son muy importantes, pero igualmente importante es la habilidad, la experiencia y los conocimientos del operador, esta última variable hace que el resultado técnico y económico sea positivo o no.

El operador debe aplicar la espuma de una manera uniforme buscando obtener un espesor constante y una superficie lisa y plana. Para lograrlo, se conjugan una gran cantidad de variables, de las cuales algunas de las que dependen del aplicador, son las siguientes:

La pistola de aspersión debe mantenerse perpendicular y a una distancia constante del sustrato. Si la aplicación se hace desde un ángulo, o variando la distancia al sustrato, las celdas se alargan y la piel presenta superficies irregulares.

Las “manos” o “pasadas”, deben ser las menos posibles, esto con el objeto de maximizar el rendimiento, ya que cada “pasada” implica la formación de 2 pieles que consumen una gran cantidad de material y además presentan el riesgo potencial de “de laminación”, es

decir que la adherencia entre capa y capa no sea perfecta y se despeguen estas. La espuma debe depositarse en un máximo de 3 "pasadas" es decir: la primera de calentamiento, la segunda de expansión y la tercera de acabado.

Cuando se aplican techados o cuartos fríos a espesores mayores a 2", las capas deben ir cruzadas, depositando la segunda después de 10 a 15 minutos de aplicada la primera, para lograr un curado de la piel y una dureza adecuadas.

En grandes extensiones se debe usar la pistola y la cámara de mezclado que produzca el máximo diámetro del abanico de mezclado, y en áreas reducidas o en acabados, por el contrario, se debe usar el abanico de menor diámetro posible y de preferencia una pistola que no genere abanico cónico, sino aplicación en un solo plano.

La espuma rígida de Poliuretano, no puede quedar expuesta. La degradación que sufre por los efectos de la combinación de humedad ambiente y rayos ultravioleta, la hacen cambiar de color inicialmente y posteriormente atacan la piel hasta que reducen la espuma a un polvo, por otro lado, como cualquier plástico orgánico es susceptible de entrar en combustión si se presentan las condiciones propicias, a pesar de contar con retardantes a la flama en la formulación. La mínima protección recomendable es la aplicación de un recubrimiento flexible acrílico el astomérico reflejante con un espesor de película seca de al menos 25 milésimas de pulgada, sobre la espuma de Poliuretano. Si el sustrato superior es rígido y permanente y la Espuma queda encapsulada, la protección es óptima. En la medida que se conserve el recubrimiento, conservará intacta la piel de la espuma rígida de Poliuretano, y por lo tanto se realizarán de manera permanente las 3 funciones básicas de protección de un techo: Sellar, aislar e impermeabilizar.

El uso de la espuma rígida de poliuretano (PUR) ha crecido sustancialmente en los últimos años debido a sus excelentes características como aislante térmico, su impermeabilidad al agua y a los combustibles y sus excepcionales características físicas. La espuma rígida de poliuretano se puede aplicar en sitio y se obtiene cuando un disocianato y un polioliol se mezclan en presencia de una agente activador. El activador es liberado junto con el calor

que se genera en la reacción, dándole a la espuma un volumen cercano a las 30 veces del que tienen los componentes en estado líquido.

El material que queda en contacto con la superficie forma una capa que le da protección a la espuma y sello adicional. Las cualidades físicas y mecánicas del producto son, en general, función de su densidad, que puede oscilar entre 27 y 80 Kgs/m³ según el uso a que sea destinado. El grado de aislación térmica que ofrece una capa de esta espuma rígida equivale al de espesores mucho más amplios de otros materiales utilizados tradicionalmente. Una equivalencia sería a grandes rasgos la siguiente: 25 mm espuma rígida de Poliuretano = 40 mm de lana de vidrio = 40 mm de poliestireno expandido de 20 kg/m³ = 50 mm de corcho = 65 mm de tablero de fibra = 140 mm de madera = 380 mm de bloques de concreto.

La Espuma Poliuretano (PUR) puede obtenerse a través de los siguientes métodos:

- Sistema Spray

Consiste en mezclar los componentes del Poliuretano con una máquina equipada para aplicar el material atomizado en sitio en capas superpuestas y sucesivas. Esta técnica se basa en la capacidad autoadhesiva de la espuma durante su proceso de reacción, que la hace adherirse a casi cualquier superficie limpia y seca.

- Vertido o Colado

Se mezclan los componentes en un recipiente cuyo contenido se vuelca en un molde o en una cavidad que se quiera aislar. Esta técnica se usa especialmente para la fabricación de grandes bloques, que luego son cortados en piezas del tamaño y forma que se desee, incluyendo caños y otros.

- Inyección

Consiste en mezclar los componentes en una máquina, que permite inyectar el material entre dos superficies de tal forma que al espumar, ambas quedan unidas.

Las principales ventajas de la espuma de poliuretano son:

- Actúa como capa distribuidora de cargas
- Adherencia a todo tipo de materiales
- Ahorro de espacio
- Bajas pérdidas dieléctricas y de reflexión
- Constante dieléctrica muy baja
- Estable dimensionalmente, no se e longa, contrae ni deforma
- Excelente capacidad aislante
- Excelente sello (debido a su estructura cerrada)
- Fácil y rápida aplicación
- Impermeabilidad avanzada
- Muy buena estabilidad
- Muy buena resistencia a la compresión
- No es atacado por roedores
- No necesita mantenimiento posterior
- Peso ligero
- Puede aplicarse en casi cualquier superficie
- Resistencia a los agentes químicos
- Resistente a los ácidos
- Resistente a sacudidas y vibraciones
- Resistente al fuego

2.1.1 Aplicaciones del poliuretano

La espuma rígida de POLIURETANO aplicada por aspersión puede ser empleada para aislamiento térmico en construcción dentro del rango de temperatura entre -50°C y $+100^{\circ}\text{C}$. Los principales campos de aplicación de la espuma rígida de POLIURETANO son los siguientes: Aislamiento térmico de superficies en la construcción; suelos, paredes, techos, perfiles de acero, interior o exterior. Aislamiento térmico e impermeabilización de cubiertas. Aislamiento térmico de instalaciones de climatización. Aislamiento térmico de

cámaras frigoríficas de conservación y congelación. En aplicaciones donde la espuma rígida de POLIURETANO vaya a estar expuesta directamente a la intemperie, se debe proteger superficialmente frente a la acción de los rayos UV con un recubrimiento adecuado. Son numerosos los factores que influyen en el gran auge que ha alcanzado esta técnica. Entre ellos cabe destacar las ventajas en la aplicación: Supresión de puentes térmicos. El aislamiento no presenta juntas ni fisuras. Es un aislamiento continuo. Posibilidad de acceder a lugares difíciles. Buena adherencia al substrato. No es necesario de adhesivos para su instalación, es autoadherible. Posibilidad de aislar e impermeabilizar (con la densidad adecuada) en un único proceso. Esta característica se debe, por una parte, a su estructura de celdas cerradas y estancas al agua y, por otra, a su forma de aplicación en continuo que permite evitar las juntas. Rapidez de ejecución y movilidad .Posibilidad de desplazarse rápidamente a cualquier obra sin necesidad de transportar o almacenar productos voluminosos como son, normalmente, los materiales aislantes La espuma rígida de POLIURETANO es una sustancia imputrescible, estable frente al moho y al detritus, inodora y es un producto químicamente neutro. Resistente a los materiales habitualmente usados en construcción e inerte bioquímicamente. Resistente a los disolventes usados en pinturas, adhesivos, pastas bituminosas, selladores Estable a gases de escape y atmósferas industriales agresivas. Características indicadas en construcción debido a su estabilidad y larga durabilidad.

2.1.2 Material de construcción

Los poliuretanos son una solución a la necesidad de materiales especiales en construcción. Los productos de poliuretano y las correspondientes tecnologías permiten una fabricación económica.

Los sistemas de construcción progresan y las necesidades de conservar la energía aumentan, la espuma rígida de poliuretano puede ser el producto óptimo para llegar a estos objetivos. Proporcionan el aislamiento más eficiente a disposición de la industria de la construcción y refrigeración. El poliuretano se combina fácilmente con los materiales de acabado superficial disponibles, ofreciendo la posibilidad de producir diferentes compuestos. Desde cámaras frigoríficas hasta generadores de energía (donde se debe

eliminar cualquier posibilidad de condensación de agua en el techo), son algunos ejemplos. En la técnica de la calefacción y refrigeración los poliuretanos se usan para aislar tuberías, para el caso de tener que aislar grandes superficies se utiliza el método de aplicación por aspersión. La espuma rígida puede ser obtenida en forma de placas aislantes para techos y paredes o se puede inyectar para llenar cavidades. Ahí donde se requiera un aislamiento de baja conductividad, alta resistencia y bajo peso, se puede usar una espuma rígida de poliuretano.

A diferencia de la espuma rígida, la espuma flexible de poliuretano posee una estructura celular abierta, es un material muy elástico, que cuando se retira la carga a la que haya sido sometida, recupera instantáneamente su forma original. Es un material sumamente ligero y con una alta permeabilidad al aire, escogiendo las materias primas en su fabricación y variando la formulación, podemos regular sus propiedades: la amortiguación, la característica elástica, la estructura celular, la densidad aparente y la dureza. Los campos de aplicación importantes se encuentran en las industrias fabricantes de asientos para coche, sillas y colchones, también se aplican para embalar equipos delicados, en artículos para hospitales, etc.

Puede ser utilizado en diversos tipos de construcciones, como:

- Techos industriales y residenciales.
- Aislamiento de paredes (afuera y adentro).
- Aislamiento de tubería (frío y caliente).
- Tanques de almacenamiento.
- Naves industriales.
- Plazas comerciales ya construidas y/o por construir.
- Escuelas y hospitales públicos y privados (construidos y en programas de construcción).

2.1.3 Adhesivos

Los poliuretanos se forman por un mecanismo en el que el agua reacciona (en la mayoría de los casos) con un aditivo formulado que contiene grupos isocianato. Al igual que en el

caso de las siliconas, la molécula de agua ha de migrar al interior del adhesivo, donde se produce el enlace. Su comportamiento de curado es por ello el mismo que el de las siliconas, pero sin liberar subproductos al medio ambiente. La velocidad de curado también depende de la humedad relativa, al igual que en el caso de la silicona.

Para conseguir la mejor y más duradera adhesión se recomienda el uso de productos apropiados de limpieza e imprimación (promotores de la adhesión). Se utilizan diferentes imprimaciones en función de los sustratos.

La aplicación de espuma de poliuretano mediante spray no sólo brinda una excelente aislación térmica y anticondensante, sino también una perfecta impermeabilización. Esto se debe a que el 90% de las celdas son cerradas y actúan como una barrera continúa a la penetración del agua. Mientras que en las cubiertas planas convencionales es preciso instalar por superposición gran número de capas, con diversas funciones para cada una, en los recubrimientos por proyección se utiliza, en principio, solo un material, que por su resistencia mecánica y su adherencia sobre toda la superficie, mejora la rigidez estructural de todo tipo de estructura.

Este sistema tiene especial importancia para el saneamiento y la renovación de la protección termo hidrófuga de techados deteriorados, como así también para edificaciones nuevas de hormigón o chapa.

2.1.4 Lacas, pinturas y esmaltes

Las lacas y pinturas de poliuretano se han convertido en una garantía de durabilidad, resistencia y belleza ampliamente aceptadas hoy.

Los poliuretanos son una amplia variedad de polímeros con diferencia total en su composición y sus correspondientes propiedades. La multitud de estructuras y la posibilidad de diseñar polimeraciones está ligada a la necesidad que exige el fabricante de muebles o piezas en madera. Así, un mueble que tenga como protección pinturas de poliuretano garantiza su resistencia al calor, al rayado, a sustancias químicas y al manchado de agua, ya que revisten la pieza con una película de tal dureza, que en condiciones naturales puede mantener su estado original durante diez años sin ninguna

alteración; que no es el caso de los otros productos que garantizan solo la mitad del tiempo.

En la actualidad, aproximadamente el 95 por ciento de la industria nacional del mueble da sus acabados con catalizadas y la razón es su costo, son mucho más económicas que las de poliuretano. La causa de la diferencia de precios obedece a que las resinas que componen los productos de poliuretano son muy caras y encarecen considerablemente los productos. De aquí, que son pocas las empresas que fabrican muebles con acabados en poliuretano todavía aunque es una empresa en auge.

No hay duda que las ventajas que ofrece el poliuretano superan ampliamente a otras del mercado que ofrecen un servicio similar. De hecho, las ventajas en resistencia a la abrasión y al rayado le permiten ser usado en pisos muy transitados sin que se deteriore por tráfico continuo.

En la actualidad, el poliuretano se aplica con éxito en otros materiales como el metal. Los aviones, equipos, maquinaria y estructuras son recubiertos con esta película para protegerlos de los cambios bruscos de temperatura, aprovechando que su proceso de catálisis es por reacción química y no por contacto con el aire. En este momento la línea poliuretano ofrece una amplia gama de productos de acuerdo a la necesidad. Cada uno tiene una composición que puede mezclar hasta tres componentes y brindar distintos grados de dureza, brillo, resistencia a temperaturas e intemperie, agentes químicos y otros.

Para la aplicación de pinturas de poliuretano se utilizan los equipos tradicionales aunque es necesario acondicionarlos colocando trampas para agua o filtros sílicos, que tiene como función retener el agua que va del tanque a la pistola. En este sentido, los equipos HVLP son adecuados pues no presentan problemas de humedad. Los equipos de aire directo no son recomendables para la aplicación de este producto pues dan malos acabados y se registra en la aplicación un desperdicio de hasta un 40 por ciento. En materia de secado, el proceso puede hacerse al aire libre y preferiblemente en uno libre de contaminación.

El resultado será mejor si se utilizan cámaras con una temperatura de 40 grados centígrados. Igualmente, se recomienda el transporte o manipulación pasadas 6 u 8 horas de secado.

2.1.5 El deporte y los poliuretanos termoplásticos

Muchísimos fabricantes de artículos deportivos utilizan hoy en día los poliuretanos. Debido a su resistencia y duración, son ideales para las cámaras de aire que se utilizan en balones, cascos de ciclistas, y en productos laminados sobre tejido como los compensadores de lastrado para submarinistas, e incluso como capas anti rasguños de las que se colocan en el fondo de las embarcaciones inflables. La resistencia a la tensión y a la abrasión de estos poliuretanos y su facilidad de fabricación explican su duradero rendimiento.

Las cámaras de aire que se usan en balones, cascos, calzados y otros equipos tienen que ser sólidas por mucho tiempo y mantenerse intactas contra "malos tratos" de todo tipo como golpes, presiones, estrujamientos y flexiones. Además de estos "malos tratos", tienen que resistir las inclemencias naturales, incluyendo las temperaturas extremas y la humedad. Los poliuretanos termoplásticos dan a estas cámaras de aire la necesaria resistencia a la tracción y al reventamiento, junto con la elasticidad y la flexibilidad que hacen falta para aguantar los golpes. Tienen una excelente resistencia a la fatiga por flexión y conservan sus propiedades en toda clase de condiciones excesivas, incluyendo calor y frío extremos. Y como no contienen plastificantes, conservan sus propiedades durante una larga vida útil. Otra ventaja es su facilidad de fabricación. Es un material con el que se trabaja fácilmente, lo que simplifica la producción y reduce los costos. Puede fabricarse de muchas maneras: en sacabocados, o bien sellado a altas frecuencias, termo pegado, formado en vacío, laminado en caliente o bien como adhesivo pegado con otros poliuretanos u otras materias. Puede estamparse o serigrafarse. Las cámaras de aire de poliuretanos termoplásticos se suelen usar en balones de fútbol, de voleibol o de rugby y para conformar los cascos de ciclismo, los patines de hockey y el calzado de atletismo. Las cámaras de gel se usan para plantillas ortopédicas o antichoques en el calzado.

2.1.6 Laminados

La resistencia y durabilidad del TPU lo convierte en un excelente material para laminarlo sobre diversos tipos de tejidos, combinación que se utiliza en una gran variedad de artículos deportivos. En función de las necesidades, se aplica una capa muy fina que proporciona resistencia a la tensión y a la abrasión así como impermeabilidad. Además, sirve de adhesivo versátil para pegar juntos varios materiales.

Los laminados para compensadores de lastrado en el deporte submarino utilizan los poliuretanos por su resistencia a la abrasión y a la fatiga causada por la flexiones. Por otro lado, los laminados de TPU facilitan el diseño de sistemas impermeables, lo que es esencial para equipos submarinos y otras aplicaciones.

Pueden ser sellados dieléctricamente en vez de tener que coserse, lo que explica que se trate de productos sin suturas (que tienen que ser obturados luego con un revestimiento impermeable). Además, hay artículos de protección como, por ejemplo, almohadillas de cascos de rugby, que usan poliuretanos termoplásticos como adhesivo entre una capa de tejido y la espuma aislante para una mejor protección exterior. Se usan también estos laminados para pegatinas, calcomanías o parches con números o nombres que se imprimen en un tejido con una plancha.

Los laminados de TPU se suelen usar también en material de camping. Son impermeables pero dejan pasar el aire y dan protección, durabilidad e impermeabilidad a los tejidos de las tiendas de campaña y de mochilas y prendas para la lluvia. Hay colchones inflables de camping que llevan una capa antigolpes de espuma pegada al tejido o al nylon con TPU. Los poliuretanos termoplásticos proporcionan a esos colchones resistencia y durabilidad para mantener inseparables sus distintas capas y evitar los agujeros por los que se escapa el aire.

2.1.7 Versatilidad y posibilidades de diseño

Los poliuretanos termoplásticos son un material sumamente polifacético que ofrece una amplia gama de opciones de diseño. Su facilidad de fabricación, su durabilidad, su

resistencia a la tensión y a la flexión y demás propiedades de alto rendimiento explican que sean ideales para las duras exigencias del deporte y de los productos de recreación.

Los poliuretanos son perfectos para situaciones rigurosas y usos exigentes en que el material no puede ni debe fallar. Se pueden fabricar en películas o láminas en espesores desde 0,025 mm a 3,2 mm y a anchuras de hasta 203 cm. Este material está disponible con durezas de 75 a 95 Shore A, en muy diversos colores y en varios grados de opacidad y de texturas de superficie.

Inconvenientes

El inconveniente principal que tienen las espumas de poliuretano, es que son degradadas por los rayos ultravioletas, por lo cual no pueden quedar expuestas a la radiación solar, debiendo ser protegidas de los mismos en el caso de aplicaciones exteriores. También hay que tener en cuenta que para que se produzca la reacción deseada es necesario que el sustrato a aplicar tenga una temperatura mínima de 10°C.

.

Reciclaje mecánico

- Los poliuretanos pueden ser triturados y una vez están convertidos en polvo pueden reutilizarse en la producción de nuevas espumas. Los gránulos de espuma flexible finamente triturados pueden ser enlazados entre ellos dando lugar a una variedad de productos que se usan en las prendas deportivas. Estos productos enlazados se pueden enlazar otra vez dando lugar a un ciclo de aprovechamiento que puede llegar a ser bastante largo.
- Sometidos a elevada presión los gránulos de poliuretano se envuelven con un material que se adhiere a ellos, si en ese momento se curan en condiciones de calor y presión óptima se puede obtener un material aprovechable como por ejemplo el piso del habitáculo de un coche.
- Si se modelan por compresión se producen espumas rígidas de poliuretano de los gránulos triturados, dando lugar a un material tridimensional que se usa para alojar el motor de los coches.

Recuperación energética

Se están estudiando nuevas tecnologías para convertir los poliuretanos de desecho en energía utilizable. En algunos experimentos propuestos por la PURRC (Polyurethanes Recycle and Recovery Council, USA) se aumentó la cantidad de desperdicios quemados por una planta incineradora en un 20% en peso con poliuretanos, encontrando que las emisiones de ceniza no habían aumentado significativamente. En Europa la ISOPA (European Isocyanate Producer Association) controla la incineración de poliuretanos, la energía que se desprende de este proceso se usa en producir energía eléctrica.

Reciclaje químico

Este reciclaje ha sido el resultado de unos 200 procesos de patentes, dando lugar a los métodos siguientes.

- La glicólisis es un proceso por el cual los poliuretanos reaccionan con dioles a una T alrededor de 200 °C produciendo polioles, un producto interesante en la producción del poliuretano en bruto.
- La hidrólisis puede producir tanto polioles como aminas intermedias para los procesos de síntesis de poliuretanos. Una vez recuperados los polioles también pueden ser usados como combustible.
- La pirólisis es un proceso que transforma los poliuretanos y los plásticos en gas y gasoil en condiciones de calor sin oxígeno.

La pureza de los gases y aceites derivados de los procesos de pirólisis e hidrogenación y el costo de producir los productos finales son asuntos importantes que hace falta resolver.

2.2 El acero para los refuerzos estructurales

La construcción de estructuras de concreto reforzado utiliza acero al carbono, el cual es un material cuya composición química es compleja. Además del hierro, cuyo contenido es de más del 98%, la aleación Acero está compuesta de una gran variedad de elementos químicos que debido a su proceso de producción (manganeso y silicio), a la dificultad que representa extraerlos (azufre, fósforo, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno), o a la casualidad de

que se encuentren presentes (cromo, níquel, cobre y otros metales) hacen de esta aleación un material muy útil para uso en aplicaciones de construcción e ingeniería.

El acero se obtiene cuando el mineral de hierro se reduce en presencia de carbono, se afina, se conforma mecánicamente y se da tratamiento térmico con lo cual adquiere gran resistencia, elasticidad y ductilidad. El carbono presente en el acero, modifica algunas propiedades como la maleabilidad, tenacidad, dureza, soldabilidad, entre otras. Al aumentar el contenido de carbono, se logra elevar la resistencia, de igual manera aumenta el índice de fragilidad en frío disminuyendo la ductilidad y tenacidad. Los aceros que se obtienen en la industria provienen de la adición cuidadosa de carbono en los aceros comunes y dependiendo de las adiciones o de los materiales aleantes que contenga; el acero modifica sus propiedades por lo que a estas últimas aleaciones se les denominan aceros especiales.

Proceso de fabricación La producción del acero se realiza a partir de dos materias primas:

- **Mineral de hierro:** este proceso se conoce como siderurgia integrada
- **Acero reciclado o chatarra:** este proceso se conoce como siderurgia semi integrada.

En Colombia se tienen ejemplos de ambos sistemas de producción. Gerdau es líder mundial en la operación de unidades siderúrgicas semi integradas, siendo el reciclaje del acero uno de los pilares de su operación. En Colombia el grupo opera dos acerías semi integradas.

Reducción: El acero se obtiene a partir de procesos industriales y metalúrgicos denominados procesos siderúrgicos, el primer paso para la producción de acero se realiza con la reducción del mineral de hierro en presencia de carbón coque y caliza, generalmente el hierro se presenta en la naturaleza de manera abundante en forma de hidróxidos de hierro; este proceso se lleva a cabo en el Alto Horno y su producto se conoce como arrabio.

Acería: El arrabio o la chatarra son los insumos para el siguiente paso, muchas veces se combinan en las acerías estos dos materiales para obtener aceros apropiados para cada

aplicación y necesidad de los públicos interesados. Los tipos de acería más usados en el mundo son el convertidor básico al oxígeno y el horno eléctrico.

Las siderúrgicas Semi-integradas contemplan un proceso de preparación de chatarra, la cual incluye selección, corte, fragmentación y compactación que busca mejorar la eficiencia de la fusión del acero. El proceso de acería tiene dos fases:

Fase de fusión: En el proceso de fusión, que se realiza por la acción de un arco eléctrico, se agregan otras materias primas como caliza, coque y oxígeno para formar la escoria que elimina las impurezas, obteniendo un acero puro y homogéneo con la calidad requerida.

Fase de afino: Se realiza en el horno cuchara. Inicialmente se reducen los elementos indeseables en la aleación. Y se adicionan ferroaleaciones con contenido de elementos aleantes requeridos de acuerdo al requisito de la especificación de cada tipo de acero como: cromo, níquel, molibdeno, vanadio, titanio, etc. Este proceso se repite hasta conseguir una colada homogénea de acero con las características químicas solicitadas. Durante el proceso acería, se controla la temperatura, homogeneidad, y se ajusta la composición química mediante el análisis químico de cada colada; este procedimiento se realiza por lo menos tres veces en espectrómetros de rápida interpretación para definir la composición y características de cada colada.

Colada continua: La palanquilla es el resultado final del proceso de acería, se obtiene a partir del vertido del acero líquido en moldes que poseen refrigeración y agitación controladas, con este mecanismo se obtiene acero en estado sólido y con las características de su macro-estructura adecuada para cada aplicación.

Laminación Mediante un proceso de laminación en caliente, aproximadamente a 1.100 °C, la palanquilla se transforma en los productos comerciales como las Barras de Refuerzo, Alambrones y Perfiles. Gerdau es líder mundial en la fabricación de aceros largos para uso en construcción o en diferentes industrias. La laminación consiste entonces en la conformación mecánica del acero mediante el paso sucesivo a través de rodillos que

reducen el tamaño de su sección. Este proceso se lleva a cabo mediante tres etapas: precalentamiento, calentamiento, desbaste, tren intermedio y tren y/o bloque acabador.

Tren de laminación El paso a través del tren de laminación permite transformar la palanquilla de sección cuadrada, al pasar por entre pares de rodillos que giran a la misma velocidad pero en sentido contrario. Así se reduce la sección transversal y se aumenta la longitud de la barra de acero en cada paso; este proceso aprovecha la propiedad de ductilidad del acero. Es por esto que las propiedades del producto dependerán mucho de la calidad (composición química) del acero que se utilice así como de las condiciones (temperatura, velocidad, reducciones, acabado) en el proceso de laminación. Este proceso, se puede realizar en frío o en caliente. La laminación en caliente aprovecha el aumento de la ductilidad del material directamente proporcional a la temperatura, lo que ayuda al alivio de tensiones durante el proceso de conformación mecánica. En el desbaste se producen las primeras deformaciones a la palanquilla acondicionándola para los siguientes pases, se eliminan asperezas y buena parte de la calamina (capa de óxido superficial). En el tren intermedio se deforma la barra de acero en diferentes tipos de secciones realizando las reducciones necesarias para ajustar la sección final al tipo de perfil y a las tolerancias deseadas. En el tren de acabado se obtienen secciones uniformes mediante pasos finos que logran el acabado superficial y ajustan las tolerancias deseadas de cada producto. El bloque acabador está presente en la conformación de alambrones, el bloque acabador consiste en una serie de rodillos que trabajan en una sola unidad cerrada ya que las barras pasan a grandes velocidades y están fabricados con materiales de gran dureza que dan el acabado y tolerancias dimensionales a los alambrones; posteriormente la barra pasa por el formador de espiras que logra espiras continuas que conformarán un rollo.

Enfriamiento y corte Al término de la laminación la barra se somete a un enfriamiento rápido con el fin de modificar la estructura de grano y conseguir una estructura de grano fino. En este proceso se consigue que la zona externa de la barra sea 26 Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes dura y resistente y la zona interior dúctil con lo cual se consiguen mejores propiedades mecánicas para su función estructural

en construcciones de diseño sismo resistente. Las barras se cortan a longitudes comerciales: 6.00, 9.00, 12.00 y 14.00 m.

Propiedades Alargamiento: Alteración de la longitud por unidad de longitud original, generalmente expresada en porcentaje.

Deformación elástica: Cuando una carga a tracción se aplica a una probeta de acero esta se torna levemente más larga, pero al retirar la carga la longitud retorna a su dimensión original.

Deformación plástica: La deformación permanece aun cuando se retira la carga.

Resistencia: Es la carga máxima soportada por una probeta sometida a tracción antes de romperse.

Resistencia a la fluencia: Es la capacidad del material de soportar la deformación plástica, es la carga límite a partir de la cual el comportamiento del material cambia del estado elástico al estado de deformación plástica.

Ductilidad: Se dice que un material es dúctil si tiene capacidad para deformarse sin romperse. La deformación del acero a partir de la fluencia es denominada ductilidad. Gracias a esta propiedad, las estructuras de concreto resultan económicas puesto que ellas se diseñan para que además de poseer suficiente capacidad resistente, tengan capacidad para disipar la energía de deformación que le impone la fuerza sísmica, mediante su flexibilidad dentro de ciertos límites que corresponden a su deformación.

La ductilidad es por tanto seguridad, puesto que por ella se advierten las deformaciones antes del colapso.

La ductilidad se consigue gracias al proceso de enfriamiento que se realiza desde el exterior al interior de la barra. La ductilidad se la considera como reserva de la capacidad resistente, y en ella se fundamenta la teoría del diseño plástico para construcciones sismo resistente.

Dureza: Es la resistencia que presenta el acero a ser penetrado. Es variable dependiendo de la composición química del acero.

Tenacidad: Es la capacidad del acero para absorber energía en grandes cantidades.

Temperatura: Las propiedades mecánicas del acero se afectan de forma dramática por causa del fuego. El aumento de temperatura provoca un incremento de longitud que se expresa mediante la ecuación: $\Delta L = \alpha \cdot t \cdot L$, en la que α es el coeficiente de dilatación térmico (1.2×10^{-5} .)

Barras de acero estructural corrugado

Las barras de acero para uso como parte del concreto reforzado dentro de la industria de la construcción, provienen del proceso de laminado en caliente. Poseen corrugas o resaltes que mejoran considerablemente la adherencia al concreto cuya configuración se encuentra normalizada. Su ductilidad permite la disipación de la energía de deformación, con lo cual se consigue que el reforzamiento de las edificaciones resulte más económico y sobre todo más seguro.

2.3 Estudio de sistemas estructurales

En el transcurso de la investigación se comenzó a pensar en qué tipo de sistema estructural pensábamos implementar el poliuretano, por esta razón se realizó un análisis comparativo de ventajas y desventajas de todos los sistemas estructurales comenzando desde los tradicionales hasta los más complejos.

Mencionaremos cada uno de los sistemas más utilizados en la construcción hoy en día donde estudiamos cada uno de manera específica.

Comenzaremos con el **SISTEMA APORTICADO** son estructuras de concreto armado compuestas por columnas y vigas formando ángulos de 90°. El sistema aporticado tiene la ventaja al permitir ejecutar todas las modificaciones que se quieran al interior de la vivienda, ya que en ellos muros, al no soportar peso, tienen la posibilidad de moverse tiene

un proceso de construcción relativamente simple y del que se tiene mucha experiencia. Es generalmente económico para edificaciones inferiores a 20 pisos. El sistema aporticado posee la versatilidad que se logra en los espacios y que implica el uso del ladrillo. El sistema aporticado por la utilización de muros de ladrillo y éstos ser huecos y tener una especie de cámara de aire, el calor que transmiten al interior de la vivienda es mucho poco. Aunque también toca tener una serie de desventajas de este sistema por ejemplo que las luces tienen longitudes limitadas cuando se usa concreto reforzado tradicional (generalmente inferiores a 10 metros). La longitud de las luces puede ser incrementada con el uso de concreto pretensado. Generalmente, los pórticos son estructuras flexibles y su diseño es dominado por desplazamientos laterales para edificaciones con alturas superiores a 4 pisos. Este tipo de construcción húmeda es lenta, pesada y por consiguiente más cara y obliga a realizar marcha y contramarcha en los trabajos.

Otro sistema es el de **MUROS PORTANTES (ESTRUCTURA TIPO TÚNEL)** que se conoce como sistema tipo cajón o tipo túnel a los arreglos entre placas verticales (muros), las cuales funcionan como paredes de carga, y las placas horizontales (losas). Este sistema genera gran resistencia y rigidez lateral, pero si la disposición de los muros se hace en una sola dirección o se utiliza una configuración asimétrica en la distribución de los muros, se generan comportamientos inadecuados que propician la posibilidad del colapso.

Es un sistema que constructivamente es rápido de ejecutar, ya que se utilizan encofrados de acero con forma de “U Invertida” que dispuestos en el sitio permiten vaciar los muros y las losas de manera simultánea. Se puede llegar a construir un nivel de 1200 m² cada 3 días. Por el tipo de encofrado, el sistema permite que se construyan varios edificios simultáneamente, ya que mientras un edificio se va desencofrando, se puede ir encofrando el otro y así cumplir con los tiempos de fraguado del concreto.

Comparado a un sistema aporticado tradicional, el sistema Tipo Túnel puede costar entre un 25 a 30% menos. Además de su rápida ejecución, el hecho de ya tener muros permite un ahorro en costos en la construcción de las paredes de bloques y el friso de las mismas. Es un sistema que bien configurado es poco propenso al colapso, ya que ofrece gran resistencia a los esfuerzos laterales. Como es un sistema muy rígido, donde casi no se

producen desplazamientos laterales, los elementos no estructurales no sufren daños considerables y termina siendo una estructura mucho más liviana que el sistema aporticado, gracias a su rigidez lateral se pueden llegar a construir edificios de más de 30 pisos de altura.

Por ser un sistema que posee gran rigidez, estará expuesto a grandes esfuerzos sísmicos, los cuales tienen que ser disipados por las fundaciones, esto significa que debe estar sustentado por un suelo con gran capacidad portante. Por poseer losas de delgado espesor, la longitud de los ramales de instalaciones de aguas servidas es limitada. En algunos casos se tiene que llegar a aumentar el espesor de la losa donde van ubicados los baños para poder cumplir con las pendientes. Por la continuidad de los muros en toda su longitud, existirán grandes limitaciones en cuanto a la distribución de los espacios internos de cada planta, por lo que su uso principal es de viviendas multifamiliares u hoteles. Generalmente se requiere en la planta baja mayores espacios libres, ya sea para estacionamientos o en el caso de un hotel para el lobby. Como no se puede aumentar el espesor de la losa, debido al encofrado, se tiene que implementar el uso de losas post-tensadas, pero esta técnica no es aplicada en Venezuela. Puede llegar a ser un sistema muy vulnerable si la configuración estructural no posee líneas de resistencias en las dos direcciones ortogonales. Por lo cual es muy importante que exista una interacción entre Arquitecto-Ingeniero al momento de realizar el proyecto.

Uno bastante usado es el **SISTEMA COMBINADO** ya que es un sistema estructural en el cual las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos esencialmente completo y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales. Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos esencialmente completo combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales y que no cumplen los requisitos de un sistema dual. Se utilizan en los grandes rascacielos, se combina la acción de los muros perimetrales y céntricos o núcleo con los marcos y entramados. Los marcos y entramados toman las cargas gravitacionales (Carga Viva y Muerta) y los muros las cargas laterales (Vientos y Sismos).

Analizando el **SISTEMA DUAL** es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinando con muros estructurales o pórticos con diagonales para que el sistema estructural se pueda clasificar como sistema dual se deben cumplir una serie de requisitos. El sistema dual tiene una serie de ventajas como que se genera una estructura con una resistencia y rigidez lateral sustancialmente mayor al sistema de pórticos, lo cual lo hace muy eficiente para resistir fuerzas sísmicas. Y siempre y cuando haya una buena distribución de los elementos rígidos también se puede obtener las ventajas del sistema aporticado, en cuanto a su ductilidad y distribución de espacios internos. Es muy común, sobretodo en la vieja práctica, que cuando se diseñan estructuras duales se supone que los muros resisten todas las fuerzas laterales y el sistema aporticado todas las gravitacionales.

El problema que posee este sistema estructural es que hay que ser muy cuidadoso en cuanto a la configuración de los elementos rígidos, ya que tienen una extrema diferencia de rigidez comparado a los pórticos y esto puede causar concentraciones excesivas de esfuerzos en algunas zonas del edificio y una mala distribución de cargas hacia las fundaciones. Se debe ser muy cuidadoso al momento de diseñar el sistema, ya que la interacción entre el sistema aporticado y el de muros es compleja. El comportamiento de un muro esbelto es como el de una viga de gran altura en voladizo, y el problema de interacción se origina porque el comportamiento que tendría un sistema aporticado sería muy distinto al de un muro de concreto.

Los **PERFILES METÁLICOS ESTRUCTURALES** constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región o país donde se utiliza. Se lo elige por sus ventajas en plazos de obra, relación costo de mano de obra – costo de materiales, financiación, entre otros.

De esta forma, las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes.

Un sistema bastante conocido es el de **CONCRETO ARMADO** ya tiene una técnica constructiva del hormigón armado consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También es posible armarlo con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido. El hormigón armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales. La utilización de fibras es muy común en la aplicación de hormigón proyectado o shotcrete, especialmente en túneles y obras civiles en general.

Las estructuras con **MUROS PORTANTES** incluyen un tipo de estructuras donde los elementos verticales resistentes son los muros, y no los pilares como en el caso de las Estructuras de Hormigón Armado; es decir que el elemento que recibe las cargas posee una de sus dimensiones de un grosor muy inferior a la longitud y la altura.

Dentro de este tipo de estructura, podemos diferenciar a aquellas que no poseen armaduras, y por lo tanto tienen baja resistencia a la flexión y las que disponen de armadura, que las asemeja a las estructuras de hormigón armado.

Para concluir observamos que muchos y variados sistemas estructurales se utilizan en la arquitectura, el tipo de sistema depende de las necesidades del edificio, la altura del edificio, su capacidad de carga, las especificaciones del suelo y los materiales de construcción dictan el sistema estructural necesario para un edificio. En particular, estos sistemas han evolucionado para centrarse en la construcción a medida que el suelo no urbanizado se ha vuelto escaso. Igualmente, un sistema estructural deriva su carácter único de cierto número de consideraciones; consideradas por separados, como por ejemplo, funciones estructurales específicas resistencia a la compresión, resistencia a la tensión; para cubrir claros horizontales, verticalmente; en voladizo u horizontal. Asimismo, existen características para calificar los sistemas disponibles que satisfagan una función específica. De este modo, las soluciones estructurales que se adopten en un proyecto están sujetas a las restricciones que existen con las interacciones de otros aspectos del proyecto, como el

arquitectónico, instalaciones sanitarias, entre otros., también por limitaciones en costos, procesos constructivos o por tiempo de ejecución. Por otro lado, la adecuada selección del sistema estructural también depende de la altura del edificio, riesgo sísmico que exista en el área, capacidad portante del suelo, entre otros.

Después de haber estudiado todos aquellos sistemas estructurales se decide generar el diseño de un muro prefabricado que sea resistente que realmente le brinda una economía trascendente de hasta 70% frente a otros sistemas, protegiendo sus propiedades de manera inmediata y segura. Rapidez en instalación, bajo costo en mano de obra y reducido requerimiento de máquina para su instalación hace muy atractivo para que este muro sea instalado en todo tipo de terrenos, tanto en zonas niveladas como en cerros, lotes industriales como viviendas residenciales y sociales.

3. Marco conceptual

a) Idealización de cargas

Por lo general son modeladas como:

Cargas puntuales concentradas: puede representar la acción de otro componente estructural que entra en contacto con un elemento, la rueda de un camión en la cubierta de un puente, etc.

Cargas Lineales: son cargas expresadas en fuerza por unidad de longitud y representan por ejemplo el peso propio de un elemento, o el peso del área tributaria de un sistema de piso que actúa sobre una viga.

Cargas superficialmente distribuidas: se dan en términos de fuerza por unidad de área y se suelen transformar a cargas lineales para el análisis de las estructuras y puede representar el peso de un sistema de piso, o el peso asociado con el pretendido uso del área (aulas, bibliotecas, vivienda) etc.

b) Tipos de cargas

Las cargas pueden clasificarse en estos tipos:

- Cargas Estáticas
- Cargas Dinámicas

Cargas estáticas: Son aquellas que se aplican lentamente sobre la estructura, condición que origina esfuerzos y deformaciones que alcanzan sus valores máximos en conjunto con la carga máxima. Estas cargas prácticamente no producen vibraciones y se clasifican en: Cargas permanentes o Muertas (D) y Carga viva o sobrecarga (L).

Cargas permanentes o Muertas (D)

Se denomina carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como muros divisorios, los revestimientos de los pisos, las instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma permanente sobre la estructura. La evaluación de esta carga es sencilla, ya que solo requiere la determinación de los volúmenes de los distintos componentes de la construcción y su multiplicación por los pesos volumétricos de sus materiales constitutivos.

Carga viva o sobrecarga (L)

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la estructura; entran así en la carga viva el peso y las cargas debidos a muebles, mercancías, equipos y personas. Podemos distinguir tres grandes grupos de construcciones en cuanto a la carga viva que en ellas debe considerarse: los edificios, las construcciones industriales y los puentes.

Carga viva en edificios.- Los edificios urbanos cumplen funciones diversas y dentro de un mismo edificio hay áreas destinadas a usos muy diferentes.

c) Área tributaria

Se entiende por área tributaria de un elemento de una estructura sujeta a carga uniformemente distribuida, aquella área que, multiplicada por la carga uniforme, define la carga total que se debe considerar actuando sobre el elemento y que produce efectos iguales a los de la distribución real de cargas sobre la estructura.

Las siguientes reglas sencillas para determinar el área tributaria están basadas en la localización de las líneas en que la fuerza cortante sería nula si solo hubiera transmisión de momentos en una dirección.

En elementos que trabajan en una dirección el área está limitado por los centros de claros entre los elementos. En columnas, el área tributaria está limitada por las líneas medias de los tableros adyacentes. El área tributaria de dos elementos portantes se separa por las bisectrices de los ángulos que estos forman. Los muros son estructuras continuas que sirven como contención de un terreno. Pide presupuestos a empresas de construcción de muros. Recibirás gratis varios presupuestos y podrás ahorrar tiempo y dinero.

Los muros son superficies verticales cuya función es cerrar un espacio. Los materiales más utilizados para construir un muro son los ladrillos, las piedras y el cartón yeso, aunque también hay muros de madera o muros prefabricados de hormigón. Esencialmente existen tres tipos de muros de acuerdo a la función que cumplen: de carga, divisorio y de contención.

Muros de carga: son estructuras que están sujetos a compresión ya que su función principal es soportar cargas, es decir, otros elementos de la construcción como son las vigas, cubiertas, bóvedas, etc. Se conocen también como muros portantes y el espesor del muro se relaciona directamente con el peso que soportan y la fatiga de trabajo de sus componentes. Los materiales para construir un muro de carga son: piedra, ladrillos, concreto armado, tabique de barro, de cemento, piedra artificial, block de cemento, hueco y adobe. Muros divisorios: separan los espacios pero son más ligeros ya que no soportan las cargas estructurales. Estos muros actúan como separadores y aislantes, tanto acústicos

como térmicos además de impermeabilizantes. Los materiales para construir un muro divisorio son: tabique rojo, de piedra pómez, hueco, de tezontle, de cemento hueco, de cal hidra hueco, madera, metal y plástico, etc.

Muros de contención: son muros que soportan las cargas horizontales (del terreno), son necesarios para poder detener masas de tierra u otros materiales sueltos en caso que las condiciones no permiten que estas masas asuman una pendiente natural. Los materiales para construir un muro de contención son: hormigón, piedras, prefabricados, mampostería, escollera, gaviones, etc.

Muros sin Armar: Los muros de bloques huecos de hormigón se configuran en hiladas horizontales alternando las juntas verticales (llagas) de manera que las de cada hilada coincidan con los planos verticales de simetría, normales al paramento, de los bloques de las hiladas superior e inferior, y los huecos se corresponden en toda la altura del muro. De esta manera se consigue un solape entre hiladas consecutivas igual a la mitad de la longitud del bloque, dimensión más que suficiente para considerar el muro como un elemento estructural unitario. Los comienzos de muro y las jambas requieren de piezas enteras y medias de terminación por su configuración correcta.

Muros Armados: Para mejorar su resistencia a flexión y a compresión se pueden forzar las fábricas de bloques de hormigón con armaduras de acero, tanto horizontal como verticalmente de manera que ambas actúen conjuntamente ante los esfuerzos. Las armaduras horizontales generalmente se colocan en piezas tipo zuncho a medida que se sube la fábrica formando cadenas (zunchos) de atado. Se recomienda armar una de cada cinco hiladas, como mínimo con 2 Ø 8.

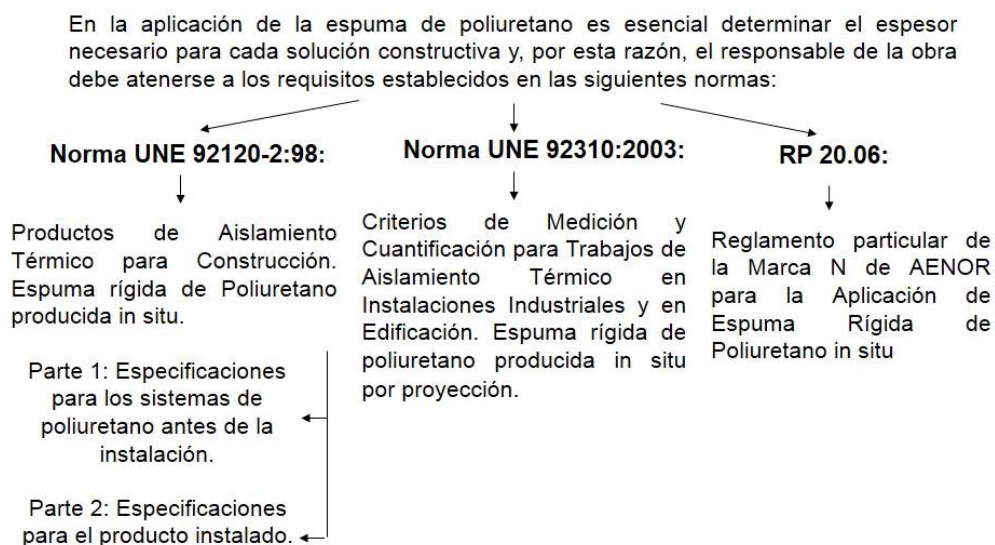
Sobre la hilada que va a soportar la cadena se debe disponer una tela metálica para sostener el hormigón. Las armaduras verticales van en el interior de las columnas de huecos; se pueden colocar antes o después de levantar la fábrica, solapando 30 veces su diámetro. Se recomienda armar un bloque cada 5 unidades contadas en planta. Si la armadura se coloca antes de levantar la fábrica, los bloques deben tener abierto uno de los

extremos por donde abrazarán las armaduras, o los dos si las barras verticales van en ambos huecos. Esto se puede conseguir rompiendo los tabiquillos laterales necesarios. Las armaduras colocadas antes de levantar la fábrica se van hormigonando a la vez que se levanta cada hilada. Las colocadas posteriormente se mantienen en su posición y se hormigona la columna de huecos. El relleno de los huecos se realizará con un hormigón de dosificación adecuada al tamaño del hueco. Para huecos mayores de 10 cm se puede utilizar hormigón con áridos de tamaño máximo 20mm. Para huecos menores se puede utilizar mortero de dosificación 1:3. La consistencia debe ser blanda, para asegurar el relleno perfecto de los huecos, sin que se produzca segregación en los áridos. Podrán disponerse costillas verticales enteras en toda su longitud a las que acomete lateralmente el bloque de hormigón hueco, abriéndole el lateral correspondiente, manteniéndose el aparejo. Para evitar defectos de fisuración, existe la posibilidad de armar horizontalmente la fábrica con armaduras (\varnothing 4-5 mm) colocadas en los tendeles. Su área no será menor del 0,03% del área bruta de la sección de la fábrica y la separación vertical no será mayor de 60 cm.

4. Marco normativo

4.1 Norma y control de calidad del poliuretano

Tabla 2 : Cuadro conceptual de la norma UNE



Fuente: Una Norma Española (UNE)

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es la nueva legislación para edificación aprobada el 17 de marzo de 2006. Sustituye a las antiguas Normas Básicas (NB-CT-79, CPI-96, etc). Se aplica a: Edificios de nueva construcción Reformas integrales La parte de energía, además, a reformas que afecten al 25% de la envolvente de edificios de más de 1000 m²

Documentos que afectan al aislamiento térmico: DB-HE1: Ahorro de energía mediante la limitación de la demanda. (Obligatorio a partir del 29-sep-2006) DB-SI: Seguridad en caso de incendio. (Obligatorio a partir del 29-sep-2006) DB-HS1: Protección frente a la humedad. (Obligatorio a partir del 29-mar-2007). La norma europea de espuma de poliuretano aplicada in situ por proyección (prEN 14315) está aún en desarrollo, por lo que los sistemas de poliuretano para proyección no tienen aún la obligación de realizar el marcado CE. Actualmente la espuma de poliuretano tiene norma de producto (UNE 92120) tanto para los sistemas como para la puesta en obra, por lo que puede estar certificada por una certificación voluntaria de calidad (Marca N, Marca Q).

El Ahorro de Energía y el Poliuretano Proyectoado

El DB-HE1 exige resistencias térmicas más elevadas a el envolvente del edificio, lo que obliga a aumentar los espesores de aislamiento. Al ser un producto aislante de alta eficiencia, la espuma de poliuretano alcanza estas resistencias térmicas con el mínimo incremento de espesor.

Figura 27: Zonificación de aislamiento



Fuente: ATEPA Asociación Técnica del Poliuretano

Tabla 3: Seguridad en caso de incendio

	Fachadas		Suelos	Cubiertas
	Puentes térmicos sin aislar	Puentes térmicos aislados		
Zona A	30-40	30-35	30-45	30-50
Zona B	30-40	30-40	30-45	40-55
Zona C	40-55	35-45	30-45	45-65
Zona D	60-80	40-50	30-45	50-70
Zona E	80-100	40-55	35-50	55-75

Fuente: ATEPA Asociación Técnica del Poliuretano

Valores de espesor orientativos. Estos valores podrán ser mayores, por lo que siempre será necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta todas las singularidades del cerramiento (puentes térmicos, transmitancia de huecos).

Sobre las condensaciones, el DB-HE1 dice: “Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes” La espuma rígida de poliuretano actúa como una membrana reguladora de humedad, ya que, siendo impermeable, es permeable al vapor de agua. El grado de permeabilidad al vapor de agua se puede reducir aumentando la densidad de la espuma. Así en cualquier condición climática podremos encontrar el nivel de resistencia al paso de vapor de agua adecuado para evitar condensaciones y permitir el máximo flujo de vapor.

Los puentes térmicos Los puentes térmicos son “las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados y por la penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos”. En definitiva, son las partes sensibles de los edificios en las que aumenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones superficiales, en invierno o épocas frías. Existen diferentes tipos de puentes térmicos: los integrados en los cerramientos, los formados por el encuentro de cerramientos, los encuentros de los voladizos con fachadas y los encuentros de tabiquería interior con fachadas. En el primero de los casos se incluyen pilares integrados en los cerramientos de las fachadas, el contorno de los huecos y lucernarios y las cajas de persianas. El segundo de los apartados abarca frentes de forjado en las fachadas, uniones de cubiertas con fachadas, cubiertas con y sin pretil, uniones de la fachada con cerramientos en contacto con el terreno, con losa o solera y con muro enterrado o pantalla, así como esquinas o encuentros de fachada. Ante estas debilidades del edificio es necesario realizar un correcto tratamiento de los puentes térmicos, limitando las pérdidas y ganancias de calor para evitar los problemas hidrotérmicos, un aspecto para el que es fundamental su correcto aislamiento. En el caso de que no se incremente este aislamiento en los puentes térmicos, se tendrá que compensar esta carencia con más

aislamiento en la fachada. Estudios recientes han demostrado cómo la utilización de espuma de poliuretano minimiza los puentes térmicos logrando así un mejor comportamiento térmico.

Las condensaciones superficiales o intersticiales depende principalmente de las condiciones ambientales interiores y exteriores, del uso del espacio habitable y de toda la solución constructiva empleada. El primero de los tipos se forma cuando una superficie interior está más fría que la temperatura del rocío interior, mientras que la segunda se produce si una capa intermedia está más fría que la temperatura de rocío de esa capa. Ante este problema, el CTE establece una serie de limitaciones a su presencia en las superficies (aislamiento de los puentes térmicos) y en los interiores de los cerramientos, de tal forma que se evite la formación de mohos. Por esta razón, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y, especialmente en los puentes térmicos de las mismas, la humedad relativa media mensual en dicha superficie deberá ser inferior a un 80%. Esta regulación establece, además, que las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente del edificio no podrán provocar una “merma significativa en sus prestaciones térmicas o suponer un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil”.

En el caso del aislamiento, la opción simplificada del DB-HE1 determina también que, “salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes”, lo que supone la ausencia total de condensaciones. Frente a este problema, la espuma de poliuretano actúa como una membrana reguladora de la humedad, ya que es impermeable al agua, aunque permeable al vapor de agua. Se trata de una propiedad que permite “respirar” al cerramiento y que logra que, si se aumenta la densidad de la espuma, se mantenga la resistencia térmica y aumente la resistencia al paso del vapor de agua, lo que, según algunos estudios, disminuye las condensaciones. Esta posible variación facilita la adaptación de la espuma de poliuretano a cualquier condición climática, al poder delimitar el nivel de resistencia al paso del vapor de agua adecuado para evitar las condensaciones.

La seguridad en caso de incendio y el poliuretano proyectado El DB-SI recoge las exigencias de reacción al fuego de los elementos constructivos. El comportamiento genérico de la espuma de poliuretano in situ en aplicación final de uso es el siguiente: Tras placa de yeso laminado B-s1,d0 Tras chapa metálica B-s3,d0

Tabla 4: Informe técnico N°0168TO4 del LICOF

	Paredes y Techos (interior)		Suelos Cubiertas Fachadas (interior) (exterior) medianeras (exterior)	
	Espuma de Poliuretano tras EL-30 (1)	Espuma de Poliuretano tras no EL-30 (1)	Espuma de Poliuretano visto	
Viviendas	SI			SI SI (3)
Resto de zonas ocupables	SI	SI (2)	NO	SI
Espacios ocultos no estancos	SI	SI (2)	NO	--
Aparcamientos de más de 100m²	SI	NO	NO	

(1) EL-30 es equivalente a RF-30 Un tabiquillo enlucido de 4cm es EL-30

(2) Dependiendo de la clasificación en aplicación final de uso

(3) Excepto fachadas ventiladas y medianeras de más de 18m o accesibles

Fuente: Fuente: ATEPA Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado

La protección frente a la humedad y el poliuretano proyectado El DB-HS1 asigna un grado de impermeabilidad a las fachadas que van desde el Grado 1 (mínima impermeabilidad) hasta el Grado 5 (máxima impermeabilidad). El DB-HS1 considera una barrera de resistencia muy alta a la filtración a un revestimiento continuo impermeable como una proyección de poliuretano sobre la cara interior del cerramiento exterior. Por ello, sin el enfoscado interior se cumple con el grado máximo de impermeabilidad en todos los casos.

Con Espuma de Poliuretano Proyectada no es necesario enfoscar Sin un revestimiento continuo impermeable, únicamente se puede alcanzar el máximo grado de impermeabilidad en fábricas vistas con una cámara ventilada de entre 3 y 10 cm y un aislante no hidrófilo contra la hoja interior.

Además, el DB-HS1 dice: “Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo” “El aislante térmico debe colocarse de forma continua y estable”

El poliuretano proyectado es no hidrófilo y se aplica en continuo, sin juntas, y adherido. “Cuando el aislante térmico sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el aislante térmico debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante.” El poliuretano proyectado no necesita estos elementos separadores, lo que simplifica notablemente su instalación.

Se concluye que el CTE ha supuesto un gran revulsivo para la construcción, que se enfrenta a un gran cambio normativo que alcanza todos los aspectos del sector. En este contexto de búsqueda de edificaciones más eficientes y, a la vez, más confortables, la espuma de poliuretano rígido constituye una solución adecuada para el aislamiento y la impermeabilidad de las construcciones, ya que cumple con los niveles de aislamiento requeridos por el CTE con el mínimo espesor.

Además, tal y como se ha puesto de manifiesto en diversos estudios, la utilización de espuma de poliuretano, en comparación con otros materiales aislantes, minimiza los puentes térmicos, logrando así un mejor comportamiento térmico, y como consecuencia un considerable ahorro de energía.

Este material también garantiza el máximo grado de impermeabilidad (Grado 5) exigido por el CTE, con soluciones constructivas sencillas y, a la vez, cumple en todas sus aplicaciones con los niveles de seguridad contra incendio exigidos. Todas estas características convierten a la espuma rígida de poliuretano proyectada en una solución para cumplir con las exigencias de la normativa y, como consecuencia, en una herramienta útil para el sector.

Ventajas térmicas: Mejor valor de conductividad térmica (λ , Lambda) a lo largo del tiempo, lo que implica la necesidad de un espesor menor. - Menor espesor = mayor superficie útil en la construcción. - Resistencia al deterioro (mínima de 50 años).

Ventajas frente al agua: El PUR es un revestimiento continuo intermedio (cumple los valores de impermeabilidad y estanqueidad necesarios).

Ventajas frente a la humedad: Impermeable y transpirable a la vez. Estas propiedades permiten que la espuma de poliuretano pueda formar soluciones sin condensaciones en cualquier clima y sin barrera de vapor.

Ventajas acústicas: La espuma de poliuretano es un sistema continuo que sella los espacios. Cumple la legislación en fachadas.

Ventajas frente al fuego: Buen comportamiento. Aplicaciones finales seguras.

Ventajas en salubridad: El poliuretano es un material inocuo para la salud.

Ventajas medioambientales: La conservación de las propiedades térmicas favorece el ahorro energético.

Ventajas de puesta en obra: Garantía de una buena instalación (profesionales especializados). Proyección in situ. Este proceso garantiza la rapidez de ejecución y la solución sencilla de los puentes térmicos. Revestimiento continuo intermedio (conjuga en una aplicación aislamiento e impermeabilización). Ausencia de enfoscado (disminución de los costes indirectos).

Ventajas de normalización y certificación: Único producto aislante con posibilidad de doble certificación (marca voluntaria de certificación de producto y de puesta en obra).

Tabla 5: Normativa código técnico de la edificación

Título:	REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
Fecha:	17 de marzo de 2006
Ambito:	España
Fuente:	BOE n. 74 de 28/3/2006 (pág. 11816 - 11831)
Texto completo:	http://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf (PDF - 337Kg)
Estado:	VIGENTE

Fuente: Codigo Tecnico de la Edificacion

4.2 Normas y control de calidad del acero

Normas de fabricación

Ante la inmensa variedad de tipos de acero resultantes de las múltiples posibilidades de producción de diversos tipos de acero, resultan necesarias las normas de producción que establecen la composición y características de los materiales, tales como las AISI (vigentes desde 1930), ASTM, DIN o ISO.

Para el caso colombiano en todo el territorio nacional la norma que aplica para el acero para refuerzo de concreto en construcciones sismo resistente es la Norma Técnica Colombiana NTC 2289 (Equivalente ASTM A 706): “Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación para refuerzo de concreto”.

Control de calidad

Según los resultados obtenidos, se verifica el cumplimiento de la norma colombiana NTC 2289 (ASTM A706, A706M) y se procede a reportar la conformidad del producto. Los resultados de los ensayos, permiten expedir un reporte de conformidad del producto para el lote ensayado y garantía de uso por parte del usuario.

El control de calidad de la fabricación del acero, se realiza en cada etapa desde el escogimiento de la chatarra hasta la verificación de las dimensiones después de la laminación en caliente, pasando por su composición química, propiedades físicas y mecánicas.

Para estos efectos se toman muestras que se someten a pruebas normalizadas de tracción con lo que se verifican las propiedades mecánicas tales como fluencia, resistencia máxima, alargamiento y rotura. Complementan los ensayos la prueba de doblado en la cual se establece que en la barra no pueden aparecer agrietamientos en la zona de tracción al ser sometida a un ensayo normalizado. Los resultados de los ensayos permiten establecer las características de calidad que son reportadas en un reporte de conformidad de producto el cual contiene la información exigida de acuerdo con la norma de fabricación del producto.

Los ensayos mediante los cuales se controla la calidad del acero de refuerzo son:

Ensayo de composición química:

Se trata de establecer la composición química o relación de elementos que conforman el material de las barras cuyos valores máximos de acuerdo con las Normas ASTM A 706 M son:

Tabla 6: Ensayo de composición química

Elemento	% máximo
Carbono	0.33
Manganeso	1.56
Fósforo	0.043
Azufre	0.053
Silicio	0.55

El carbono equivalente (CE) es un parámetro que expresa la soldabilidad, el cual no puede exceder 0.55%.

Fuente: Manual del acero Gerdau Diaco

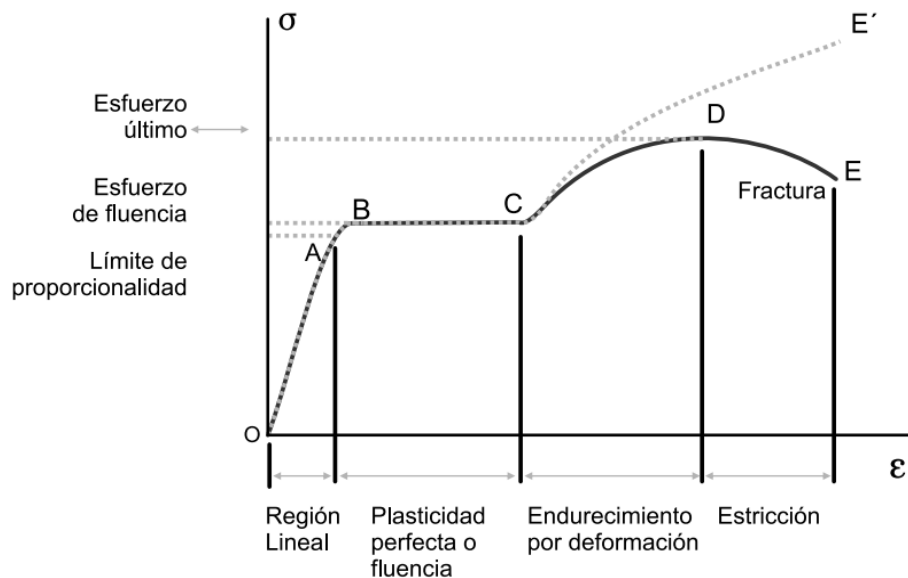
Ensayo de tracción con probeta normalizada

Mediante esta prueba, se somete un trozo de varilla en la denominada Máquina Universal a un esfuerzo de tracción creciente hasta producir la rotura de la varilla con lo cual se pueden establecer diversos aspectos tales como:

- Módulo de Elasticidad (E): También denominado Límite de proporcionalidad, es la relación entre la carga y la deformación que ella produce. Usualmente, este valor identifica al material pero debe observarse que la relación solo es válida dentro del rango elástico del material.
- Coeficiente de Poissons con el cual se establece la proporción entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento transversal a la dirección de la fuerza.
- Límite de proporcionalidad o de fluencia: que corresponde al límite hasta el cual la deformación es proporcional a la carga aplicada (f_y).
- Límite elástico (f_y)
- Carga de rotura o resistencia a la tracción (f_r)

- Alargamiento de rotura
- Estricción: magnitud de la reducción de la sección recta que se causa en la zona de rotura. Como resultado del ensayo se obtiene la curva esfuerzo-deformación, en la que se observan cuatro zonas de características muy definidas a saber:

Figura 28: Esfuerzo de deformación del acero



Fuente: Esfuerzo de deformación del acero para construcciones sismoresistentes.

Zona A: Comportamiento elástico o de proporcionalidad. Se cumple que al retirar la carga, desaparece la deformación. La pendiente de la recta corresponde al Módulo de Elasticidad o de Young y es característico del material. El valor más alto del esfuerzo se denomina Límite de Fluencia (f_y). Aparecen dos zonas: la primera recta y la segunda curva y la transición entre ellas es el límite de proporcionalidad. Usualmente se establece un límite práctico señalando una deformación (0.2%, 0.1%, etc.) trazando una recta paralela al tramo recto.

Zona B: Punto de fluencia o lugar donde la varilla “cede” abruptamente sin incremento de carga. Tal fenómeno se presenta por causa de las impurezas o elementos de aleación que impiden el deslizamiento de la red de cristales, creando un mecanismo que permite romper las dislocaciones produciendo bruscamente la deformación.

Zona C: Deformaciones plásticas. Al retirar la carga se recupera parcialmente la deformación.

Zona D: Se presenta una disminución de la sección recta por estricción con acumulación de deformación hasta la rotura de la probeta, por lo cual el esfuerzo muestra un descenso en la gráfica.

Al finalizar el ensayo se determina la carga de rotura, carga última o resistencia a la tracción; la máxima resistida por la probeta dividida por la sección inicial, el alargamiento (%) y la estricción en la zona de la rotura.

Masa por unidad de longitud

La masa por unidad de longitud de una barra de acero es la medida más adecuada para calcular el diámetro y por tanto el área de la sección transversal del elemento. Se acepta una tolerancia de hasta el (-) 6% sobre la masa nominal de la barra de refuerzo.

Características del corrugado

La adherencia de las barras y el concreto se logra mediante las corrugas o resaltes, por lo que se requiere establecer su relieve, separación y trazado.

Ensayo de ductilidad

La capacidad de deformación de una barra de acero en el campo plástico se denomina ductilidad, la cual se determina dentro del ensayo de tracción como el porcentaje de alargamiento que experimenta la barra a partir de una longitud previamente señalada en la barra (usualmente 200 mm). La Norma NSR-10 establece los requisitos de ductilidad siguientes:

Tabla 7: Requisitos de ductividad según la NSR-10

N° de la barra	% de alargamiento
2, 4, 5 y 6	14%
7, 8, 9, 10 y 11	12%
14 y 18	10%

Fuente: Fuente: Manual del acero Gerdau Diaco

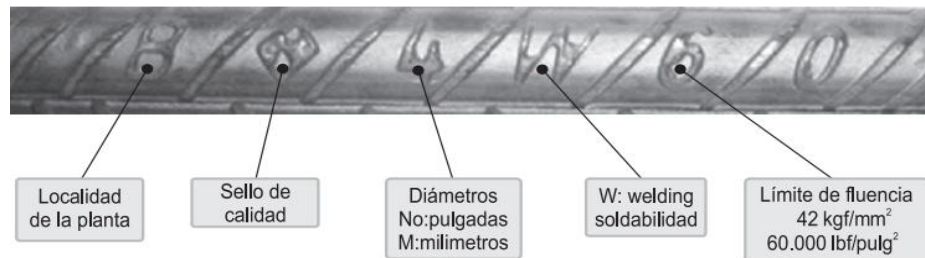
Ensayo de doblado

Mediante el doblado de la barra en condiciones predefinidas se trata de determinar el efecto sobre la superficie exterior de la porción doblada. El ensayo se realiza de forma lenta y constante para permitir el deslizamiento de la barra y controlando que el eje de la barra permanezca perpendicular al eje del doblamiento. El ensayo evalúa el agrietamiento o rotura de la parte exterior de la zona doblada.

Barras corrugadas NTC 2289

Barras de acero con núcleo de sección circular, longitud continua (rectas) en cuya superficie existen salientes denominados corrugas, obtenidas por laminación en caliente. Los resaltes o estrías se encuentran a lo largo de su eje longitudinal con lo cual se adquiere especial beneficio como refuerzo del concreto y construcciones afines. Los resaltes inhiben el movimiento longitudinal relativo de la barra respecto al concreto que la rodea.

Figura 29: Especificaciones de las varillas corrugadas



Fuente: Fuente: Manual del acero Gerdau Diaco Para construcciones sismoresistentes

5. Marco comparativo

5.1 Variables en el concreto

En el marco comparativo vamos a mencionar aquellas jerárquicas, debilidades del concreto el cual es el material de referencia directa, ya que lo que queremos lograr, llega a funcionar prácticamente igual que los muros estructurales de concreto.

En la problemática del concreto y en la construcción se encuentra de terminados los trabajos la aparición de manchas blancas en las paredes de las edificaciones (construcciones). Estas se conocen con el nombre de eflorescencias su origen proviene de uno o más de los compuestos solubles presentes en la masa de los materiales que se utilizan para ejecutar una pared de construcción tradicional.

Entre los materiales potencialmente más predispuestos están los ladrillos comunes y huecos revoques, terminaciones cementicas, áridos en general y hasta los hormigones. Son varias las sustancias que pueden causar eflorescencias aunque todas tienen en común que se trata de compuestos solubles como sulfatos, carbonatos, silicatos, cloruro, nitratos y otros que se desplazan a las superficies y se depositan en ella, incentivados por un gradiente de humedad. Se recomienda la utilización de arenas lavadas, cementos portland de bajo álcalis y aguas blandas ya que el agua potable suele poseer ciertos contenidos de sales solubles.

Asimismo la presencia de estas se puede conocer con métodos muy prácticos como, en el caso de los ladrillos, la saturación con agua destilada de algunas piezas, y la verificación de cierto tiempo de la presencia de manchas blancas en las caras opuestas al contacto con el agua. Aunque se realice un profundo el vado de los materiales componentes del hormigón, durante la hidratación del cemento portland se forman pequeñas cantidades de hidróxido de calcio, como subproducto de hidratación que puede generar eflorescencias cuando las condiciones favorecen el proceso. Se pueden retirar las manchas blancas o eflorescencias mediante la utilización de métodos mecánicos como el uso en seco de un cepillo reiteradas veces hasta el tanto el agua acumulada termine de evaporarse o quitarse las manchas blancas.

Alguna efervescencia Sin embargo la eflorescencia puede ser removida de forma química utilizando limpiadores ácidos (ácido clorhídrico diluido). Primero que todo el producto de concreto se debe lavar con agua limpia, e inmediatamente se le debe de aplicar un producto comercial ácido para la limpieza disponible generalmente en los almacenes de materiales de construcción siguiendo las instrucciones del fabricante. Mientras que se

disuelva la eflorescencia, puede aparecer alguna espuma (efervescencia) y cuando ha finalizado se debe lavar a fondo toda la superficie con agua. En la gran mayoría de los casos se requiere de un solo tratamiento

Factores que contribuyen Dentro de los factores que más contribuyen a la generación posterior de eflorescencias en una pared se encuentra en primer lugar una deficiente ejecución de algunos rubros de la obra, y que por lo general tienen bastante que ver con una mano de obra no demasiada calificada en términos generales. Así las mezclas deben ser bien preparadas, con las consistencias adecuadas a cada rubro ya que si no son muy trabajables y si son muy plásticas, esto permitirá una deficiente unión entre los ladrillos que motivara la ocurrencia posterior de los fenómenos descritos.

El peor de los males Si bien los depósitos blancos cristalinos, en forma de pelusa de la eflorescencia resulta preocupantes para un observador cuando emergen 10 a 20 milímetros de las superficies son relativamente inofensivos comparados con el verdadero problema que es la cristalización oculta desales dentro de los poros de las mamposterías. Esto se denomina cripto florescencia y según los técnicos de la materia es lo realmente preocupante ya que los pequeños poros no están capacitados para albergar la acumulación de sales y pueden romperse a causa de la fuerza expansiva del crecimiento de los cristales.

Agrietamiento en el concreto Es muy común que cuando aparecen grietas en el concreto se piense inmediatamente que fue por culpa del cemento, cuando en realidad muchas veces no tiene nada que ver y es causado por malas prácticas en la aplicación del concreto

Factores que afectan el agrietamiento Suceden por dos tipos de variables, las debidas al concreto mismo, sus componentes y en segundo lugar por las variables externas.

5.2 Variables en el concreto

a) **Agua:** A mayor cantidad de agua, mayor será la tendencia al agrietamiento pues se incrementa la contracción y se reduce la resistencia

b) Cemento: En general mientras más alto sea el consumo de cemento igualmente es mayor la posibilidad de agrietamiento.

c) Agregados: La granulometría forma y textura de los agregados afectan en forma variable las proporciones y con ello la tendencia a la contracción. Mientras más pequeño sea el tamaño del agregado mayor será la contracción del concreto para una misma resistencia.

d) Aditivos: Los reductores de agua disminuyen la contracción por secado, los retardantes incrementan la deformabilidad del concreto en el estado plástico disminuyendo el agrietamiento. Los aditivos acelerantes en general aumentan la contracción, pero como sube la resistencia y el flujo plástico, no siempre ocasiona agrietamiento.

e) Sangrado: El flujo del agua hacia arriba en el concreto fresco produce zonas de pasta aguada debajo de las partículas de grava grandes y del acero de refuerzo, principalmente en losas de mucho peralte ocasionando zonas débiles lo cual causa grietas internas.

f) Curado: El secado rápido del concreto fresco en losas puede provocar que la velocidad de evaporación exceda a la de sangrado, con lo que la superficie del concreto sufra una contracción por secado restringida por la capa inferior, generando grietas por contracción plástica.

g) Variables externas: Además de las causas internas que favorecen el agrietamiento en el concreto hay una serie de factores externos que influyen notable.

La Temperatura ambiental afecta la velocidad del secado del concreto en estado fresco, así como la velocidad del endurecimiento; por otra parte establece la longitud "base" durante las primeras horas, hasta que el concreto desarrolle cierta rigidez. A partir de esta longitud "base" los cambios de temperatura producen cambios volumétricos y por consiguiente un potencial agrietamiento. Las losas de piso o pavimento colados en clima frío son menos susceptibles al agrietamiento que cuando el trabajo se efectúe en clima caliente, pues los cambios de temperatura afectan la longitud "base" generalmente produciendo expansión que no es tan crítica como la expansión. Es importante resaltar que en una losa sobre suelo

armada, mientras mayor sea el porcentaje de acero de refuerzo, las grietas serán más numerosas pero de menor grosor, en relación una losa con menos refuerzo. El ancho total acumulado de las grietas es aproximadamente el mismo para cualquier porcentaje de acero. En una estructura a base de elementos pre-colados, las restricciones a las que están sometidos los elementos individuales son bajas, por lo cual hay menos agrietamientos que en una estructura monolítica.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puentes de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm cuadrado. Un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de cuando menos 420 kg./cm cuadrado. Resistencia de 1,400 kg./cm cuadrado se ha llegado a utilizar en aplicaciones de construcciones. La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión también llamada módulo de ruptura, para un concreto de peso normal se aproxima a menudo de 1.99 a 2.65 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a la compresión y menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. La resistencia a la torsión para el concreto está relacionado con el módulo de ruptura y con las dimensiones del elemento de concreto. La resistencia al cortante del concreto puede variar desde el 35% al 80% de la resistencia a la compresión, la correlación existe entre la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, tensión, torsión y corte de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre. También la menor relación – cemento que es posible lograr en un concreto con aire incluido tiende a compensar las resistencias mínimas inferiores del concreto con aire incluido, particularmente en mezclas con contenido de cementos pobres e intermedios.

concluimos que de todo lo investigado en el marco teórico los referentes que más se aproximan a la innovación del material de la espuma de poliuretanos, la investigación tiene un enfoque central en el campo de la construcción, donde única y exclusivamente ha alcanzado a llegar a servir en ciertos tipos de aplicaciones como tanques en la aislación térmica en los recipientes fijos o móviles, obtuvo un avance incomparable desde que el poliuretano es utilizado en sus formas de aplicación ya sea "spray o inyección". Hablando también de la construcción de techos, La aplicación de espuma de poliuretano in-situ por sistema spray que no sólo brinda una excelente aislación térmica y anti condensante, sino también una perfecta impermeabilización.

Igualmente Las cámaras frigoríficas realizadas en mampostería, encuentran aplicaciones in-situ, por sistema spray, de espuma de poliuretano, el ideal aliado para solucionar antiguos problemas (ya que por su alto grado de aislación térmica, reduce los espesores, posibilitando un mayor aprovechamiento de los espacios útiles).

Estos referentes me conviene mucho ya que me cuenta acerca de propiedades físicas, químicas y mecánicas de cómo se me comportaría el material a ciertos esfuerzos como la compresión, flexión etc. Y lo mejor aún hasta donde ha llegado su funcionalidad como material en la construcción según el código técnico de la edificación español.

Concluyo diciendo que de todas las lecturas y búsquedas que he encontrado, solo digo que no se ha encontrado ninguna investigación acerca de hacer funcionar este material de poliuretanos como un sistema estructural aporticado que tenga la capacidad de transmitir las cargas al suelo verticalmente. Sino que únicamente ha llegado a la construcción con ciertos parámetros de funcionalidad como lo son en techos, furgones, en muros de mampostería.

Mientras que nosotros queremos saber cómo establecer un que los poliuretanos puedan transmitir esfuerzos verticales en una edificación con un modelo aporticado mas no como aislante térmicos.

Metodología

Tabla 8: Cronograma 2015-1

TAREA	FEBRERO - MARZO			
	FEBRERO	FEBRERO	MARZO	MARZO
1.1 Analisis del protocolo	■			
Monografia - Elaboracion documento				
1.2 Analisis diferencial de la columna y el muro		■		
Monografia - Elaboracion documento				
1.3 Analisis de diferentes tipos de muros de carga		■	■	
Monografia - Elaboracion documento				
1.4 Enfoque competitivo con el tipo de muro carga referente			■	
Monografia - Elaboracion documento				
1.5 Analsis propiedades fisicas-quimicas de materiales			■	
Monografia - Elaboracion documento				
1.6 Ventajas y desventajas con el muro referente			■	■
Monografia - Elaboracion documento				
ENTREGA 1 CORTE 2015-1				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

TAREA	MARZO - ABRIL			
	MARZO	MARZO	ABRIL	ABRIL
2.1 Pruebas de cerramiento de la formaleta	■			
Monografia - Elaboracion documento				
1.2 Descubrir la dosificacion polioli - isocianato		■		
Monografia - Elaboracion documento				
2.3 Diseño de formaleta		■	■	
Monografia - Elaboracion documento				
2.4 Visita a EXPUMLATEX			■	
Monografia - Elaboracion documento				
2.5 Diseño de prueba para prueba a compresion			■	■
Monografia - Elaboracion documento				
2.6 Visita al laboratorio de acueducto de Bogota			■	■
Monografia - Elaboracion documento				
ENTREGA 2 CORTE 2015-1				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

TAREA	MAYO - JUNIO			
	MAYO	MAYO	JUNIO	JUNIO
3.1 Realizacion del prototipo de poliuretano	■			
Monografia - Elaboracion documento				
3.2 Visita al acueducto para la primera prueba de poliuretano		■		
Monografia - Elaboracion documento				
3.3 Reclamar las pruebas a compresion		■	■	
Monografia - Elaboracion documento				
3.4 Realizacion del texteo de la primera preba a compresion			■	
Monografia - Elaboracion documento				
3.5 Diseño de los tipos de muros estructurales de poliuretano			■	■
Monografia - Elaboracion documento				
3.6 Implementacion malla electrosoldada y dovelas estructurales			■	■
Monografia - Elaboracion documento				
ENTREGA 3 CORTE 2015-1				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

Fuente: Propia

Tabla 9: Cronograma 2015-2

TAREA	AGOSTO - SEPTIEMBRE			
	AGOSTO	AGOSTO	SEPTIEM	SEPTIEM
4.1 Diseño de uniones del muro estructural de poliuretano Monografía - Elaboracion documento	■			
4.2 Estudio sobre las instalaciones hidrosanitarias Monografía - Elaboracion documento		■		
4.3 Ubicación y funcion de las instalaciones hidrosanitarias Monografía - Elaboracion documento			■	
4.4 Estudio y analisis sobre las instalaciones electricas Monografía - Elaboracion documento				■
4.5 Analisis de la instalacion de los muros y paneles en obra Monografía - Elaboracion documento				■
4.6 Analisis deinstalacion del muro de poliuretano en obra Monografía - Elaboracion documento				■
ENTREGA 1 CORTE 2015-2				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

TAREA	OCTUBRE - NOVIEMBRE			
	OCTUBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE
5.1 Realizacion de planos tecnico en autocad Monografía - Elaboracion documento	■			
5.2 Realizacion de la segunda prueba a compresion Monografía - Elaboracion documento		■		
5.3 Visita al acueducto para la segunda prueba Monografía - Elaboracion documento			■	
5.4 Realizacion del texteo de la segunda preba Monografía - Elaboracion documento				■
5.5 Realizacion del texteo de la segunda prueba a compresion Monografía - Elaboracion documento				■
5.6 Realizacion de renders de los diferentes diseños de muros Monografía - Elaboracion documento				■
ENTREGA 2 CORTE 2015-2				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

TAREA	NOVIEMBRE - DIIEMBRE			
	NOVIEMBE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	DICIEMBRE
6.1 Realizacion de maqueta del amarre de muros a losas y vigas Monografía - Elaboracion documento	■			
6.2 Realizacion de prototipo de muro base de poliuretano Monografía - Elaboracion documento		■		
6.3 Realizacion de paneles para la entrega Monografía - Elaboracion documento			■	
6.4 Realizacion de cartilla de instalacion de los muros Monografía - Elaboracion documento				■
6.5 Realizacion de plan de negocios Monografía - Elaboracion documento				■
6.6 Organización de entrega final de todo el proyecyo Monografía - Elaboracion documento				■
ENTREGA 3 CORTE 2015-1				
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 3

Fuente: Propia

Capítulo 1 - Estudio del poliuretano poliol - isocianato

Este trabajo consiste en investigar acerca de un polímero específico llamado poliuretano espumoso y aprender sobre sus usos y características más comunes. Se comenzó estudiando el material del poliuretano de una manera bastante exhaustiva. Lo primero que hicimos fue encontrar la definición de ¿Qué es el poliuretano?, donde encontramos que el poliuretano es un polímero artificial donde se repite la unidad $(-O-C(=O)-NH-R'-NH-C(=O)-OR-)_n$. Pero para entender un poco esta definición tuvimos que saber ¿Qué es un polímero? Para todos nosotros que no teníamos ni idea de lo que es, Un polímero es una molécula de peso molecular elevado, con una estructura compleja, formado por la repetición de una estructura menor, llamada monómero, que es un producto generalmente orgánico.

Ahora que tenemos una breve idea de lo que es un polímero, ya estábamos en disposición de continuar con nuestra investigación, pero ya entrando de lleno en un tipo específico de polímero como es el poliuretano. El cual se compone por unos polioles que son polímeros de cadenas cortas que aportan en sus puntas grupos OH, y reciben el nombre de poliol por este carácter de polímero corto y unos Isocianatos que son compuestos en los cuales el grupo isocianato $-NCO$, está unido a un radical orgánico. Frecuentemente se clasifican como ésteres del ácido isocianico, $HNCO$. Con estos dos compuestos químicos comienza el desarrollo del proyecto donde encontramos diferentes clases de isocianatos lo cual nos

tocó analizarlos para poder tener una buena elección de qué tipos de materiales íbamos a utilizar.

Después de estudiar el poliuretano sacamos una serie de conclusiones y ventajas de la espuma de poliuretano como son la adherencia a todo tipo de materiales, bajas pérdidas dieléctricas y de reflexión, una constante dieléctrica muy baja que es estable dimensionalmente, no se e longa, contrae ni deforma, tiene una excelente capacidad aislante aparte de ser un excelente sello (debido a su estructura cerrada) nos dimos cuenta que es un material resistente a sacudidas y vibraciones sobre todo dos puntos importantes que son en los que más nos enfocamos para desarrollar el proyecto de investigación como es el peso ligero y muy buena resistencia a la compresión. Los ingredientes se dosifican y se mezclan en cantidades y proporciones adecuadas; generalmente, se arrancan con la corriente de polioli. Seguida del agente de expansión, la silicona y los catalizadores y por último el isocianato. Durante el mezclado se generan pequeñas burbujas de aire en la mezcla líquida que actúan como agentes iniciadores de la espumación.

Tabla 10: Dosificación del poliuretano

POLIOL (FORMULADO)	
Viscosidad brookfield, 19 +/- 1 grado, cp	1500 +/- 200
Densidad (g/cm ³)	1,05 +/- 0,02
ISOCIANATO	
Viscosidad brookfield, 19 +/- 1 grado, cp	350 +/- 50
Densidad (g/cm ³)	1,22 +/- 0,01
REACTIVIDAD EN CONDICIONES DE LABORATORIO	
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Tiempo de agitación	25 +/- 3 segundos
Tiempo de crema	78 +/- 6 segundos
Tiempo de hilo	140 +/- 7 segundos
Tiempo de tacto libre	170 +/- 8 segundos
Densidad libre	100 +/- 5 kg/m ³
Densidad inyectada sugerida	Mínimo 200 kilogramos

Fuente: Expumlatex S.A. producción de poliuretano

Capítulo 2 - Pruebas de laboratorio

Al tener todas las ideas claras acerca de la mezcla de la dosificación del polioli y el isocianato se compraron los materiales y se realizaron unos prototipos para observar que cantidad de esfuerzos a compresión (PSI) eran capaces de resistir. Con ayuda del acueducto de Bogotá que nos colaboró con la suministrada de la formaleta sugerida por la NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente) y las pruebas a compresión. Aunque los primeros prototipos fueron realizados de una manera empírica, por este hecho no se obtuvieron buenos resultados, en cada una de las prueba que ejecutamos, se realiza un testeo para ir archivando e ir guardando las evidencias.

Diagnóstico del primer testeo

La realización de la prueba a compresión del primer prototipo fue realizada el 21 de noviembre del 2014 en el acueducto de Bogotá a las 11:00 am.

Figura 30: Formaleta



Fuente: Propia

Figura 31: Primera muestra



Fuente: Propia

Se colocó el modelo de poliuretano en la máquina de compresión, pero no funciono, y se rompió el prototipo con tan solo 284(psi), después de analizar la prueba con los ingenieros del acueducto, nos informaron que el molde no tenía la densidad necesaria, que no fue mezclada con una buena dosificación, que había quedado muy porosa y no tuvo un buen curado. Todas estas apreciaciones que nos dieron los ingenieros las averiguamos y tratamos de solucionarlas para realizar el próximo prototipo. Después de estudiar el tema y averiguar con los ingenieros de una empresa llamada EXPUMLATEX nos damos cuenta que nos hacía mucha falta de información sobre el tema.

Tabla 11: Primeros resultados prueba a compresion

2014-171

acueducto
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DIRECCIÓN SERVICIOS TÉCNICOS
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC - 673

REPORTE DE RESULTADOS

NOMBRE DEL CLIENTE: Julian David Peña DIRECCIÓN CLIENTE: Transversal 4C N° 36B - 16

PROYECTO: Ensayos de Control de Resistencia


LOCALIZACIÓN: Cliente Externo

FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2014-11-19

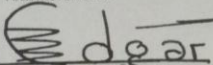
FECHA REPORTE DE RESULTADO: 2014-11-21 ZONA: N.A.


MUESTRA			Localización	Fecha Fundida aaaa/mm/ddd	Rotura aaaa/mm/ddd	Diámetro D, (cm)	Longitud L, (cm)	EDAD días	Masa g	Relación L/D	Área cm ²	CARGA kN	CARGA N	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión	Tipo de Falla
RI	REF LAB	Controlado por												Psi	kg/cm2	MPa	
132	668	1	N.D.	N.D.	2014-11-21	16,05	31,15	N.D.	1420	1,94	202,3	39,5	39500	284	19,89	1950,98	N.A.

TIPOS DE FALLA



OBSERVACIONES:
Los resultados del presente reporte corresponden específicamente a la muestra en mención.
El reporte de resultado solo es válido con la firma autorizada.
El reporte de resultado no debe ser reproducido parcialmente, en forma total solo con la debida autorización del laboratorio de Suelos y Materiales del Acueducto.
La muestra fue tomada de acuerdo al plan de muestreo adjunto a la custodia. (Aplica únicamente para muestras tomadas por el Laboratorio de Suelos y materiales)

FIRMA AUTORIZADA

Nombre: Edgar Alfonso Peña


Acreditado NTC
ISO/IEC 17025:2005

Rotura aaaa/mm/dd	Diámetro D, (cm)	Longitud L, (cm)	EDAD días	Masa g	Relación L/D	Área cm ²	CARGA kN	CARGA N	Resistencia a la Compresión Psi	Resistencia a la Compresión kg/cm2	Resistencia a la Compresión kPa	Tipo de Falla
2014-11-21	16,05	31,15	N.D.	1420	1,94	202,3	39,5	39500	284	19,89	1950,98	N.A.

Fuente: Acueducto y alcantarillado de Bogotá - Ingeniería especializada

Diagnóstico del segundo testeo

La realización de la prueba a compresión del primer prototipo fue realizada el 28 de mayo del 2015 en el acueducto de Bogotá a las 2:00 pm.

Figura 32: 2 prototipo **Figura 33:** extruccion de muestra **Figura 34:** 2 Muestra final



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Se ejecutó exactamente lo mismo de la primera prueba, Se ubicó el modelo de poliuretano en la máquina de compresión del acueducto de Bogotá, y se rompió el prototipo con 2996(psi), la cual realizamos con ayuda de los ingenieros químicos de EXPUMLATEX, dándole una densidad de 600 y un curado de 24 horas, se cumplió con el objetivo inicial de poder proporcionar una densidad apropiada al poliuretano para poder llegar a una resistencia competitiva en la construcción.

Figura 35: Peso



Fuente: Propia

Figura 36: Prueba a compresion





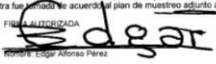

Fuente: Propia

Figura 37: Roptura



Fuente: Propia

Tabla 12: Segundos resultados pruebas a compresion.

 acueducto <small>AGUA, ALICANTARRILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ</small>			DIRECCIÓN SERVICIOS TÉCNICOS LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC - 673 - 2010																	
REPORTE DE RESULTADOS AÑO: 2015-045																	
NOMBRE DEL CLIENTE: JULIAN DAVID PEÑA			DIRECCIÓN CLIENTE: TRANSVERSAL 4C N° 368 - 16														
PROYECTO: ENSAYOS DE CONTROL DE RESISTENCIA																	
LOCALIZACIÓN: CLIENTE EXTERNO																	
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2015-05-27																	
FECHA REPORTE DE RESULTADO: 2015-05-29																	
ZONA: N.A.																	
MUESTRA																	
Ri	REF LAB.	Comprobado zona	Localización	Fecha Fundida aaaa/mm/ddd	Fecha Rotura aaaa/mm/ddd	Díámetro D, (cm)	Longitud L, (cm)	EDAD días	Masa g	Relación L/D	Área cm ²	CARGA kN	CARGA N	Resistencia a la Compresión Psi	Resistencia a la Compresión kg/cm ²	Resistencia a la Compresión MPa	Tipo de falla
055	203	1	CLIENTE EXTERNO	2015-05-19	2015-05-28	15,10	30,50	9	3593	2,02	179,1	368,6	368600	2996	209,74	20,56	N.A.
																	
OBSERVACIONES: Los resultados del presente reporte corresponden específicamente a la muestra en mención. El reporte de resultado solo es válido con la firma autorizada. El reporte de resultado no debe ser reproducido parcialmente, en forma total solo con la debida autorización del laboratorio de Suelos y Materiales del Acueducto. La muestra fue probada no acuerdo al plan de muestreo adjunto a la custodia. (Aplica únicamente para muestras tomadas por el Laboratorio de Suelos y materiales)																	
FIRMA AUTORIZADA:  Nombre: Edgar Adonias Pérez Responsable Técnico																	
 Acreditado NTC ISO/IEC 17025:2005 09-LAB-020																	
FIN DEL DOCUMENTO																	

EDAD días	Masa g	Relación L/D	Área cm ²	CARGA kN	CARGA N	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión	Tipo de Falla
						Psi	kg/cm ²	MPa	
9	3593	2,02	179,1	368,6	368600	2996	209,74	20,56	N.A.

Fuente: Fuente: Acueducto y alcantarillado de Bogota - Ingeniería especializada

Figura 38: vistas internas



Fuente: Propia

Capítulo 3 - Diseño de los tipos de muros estructurales en poliuretano

En este capítulo iniciamos con el diseño del muro, donde estudiamos con mucho detenimiento algunos títulos del reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), de donde nos regimos para el diseño del muro y tomando algunos referente específicos. Por obligación se necesitan dejar unas juntas de dilatación las cuales tienen como función, ceder movimiento y no generarle fracturas a los muros prefabricados de poliuretano. Por esta razón las dimensiones del muro son de 2.50m de alto por 1.50m de ancho y 0.15m de espesor. El muro es fundido con una densidad de 600 lo cual nos genera una resistencia de 3000 libras (PSI) a compresión, teniendo en cuenta que entre mayor sea la densidad mucho mayor va a ser la resistencia y compactación del material.

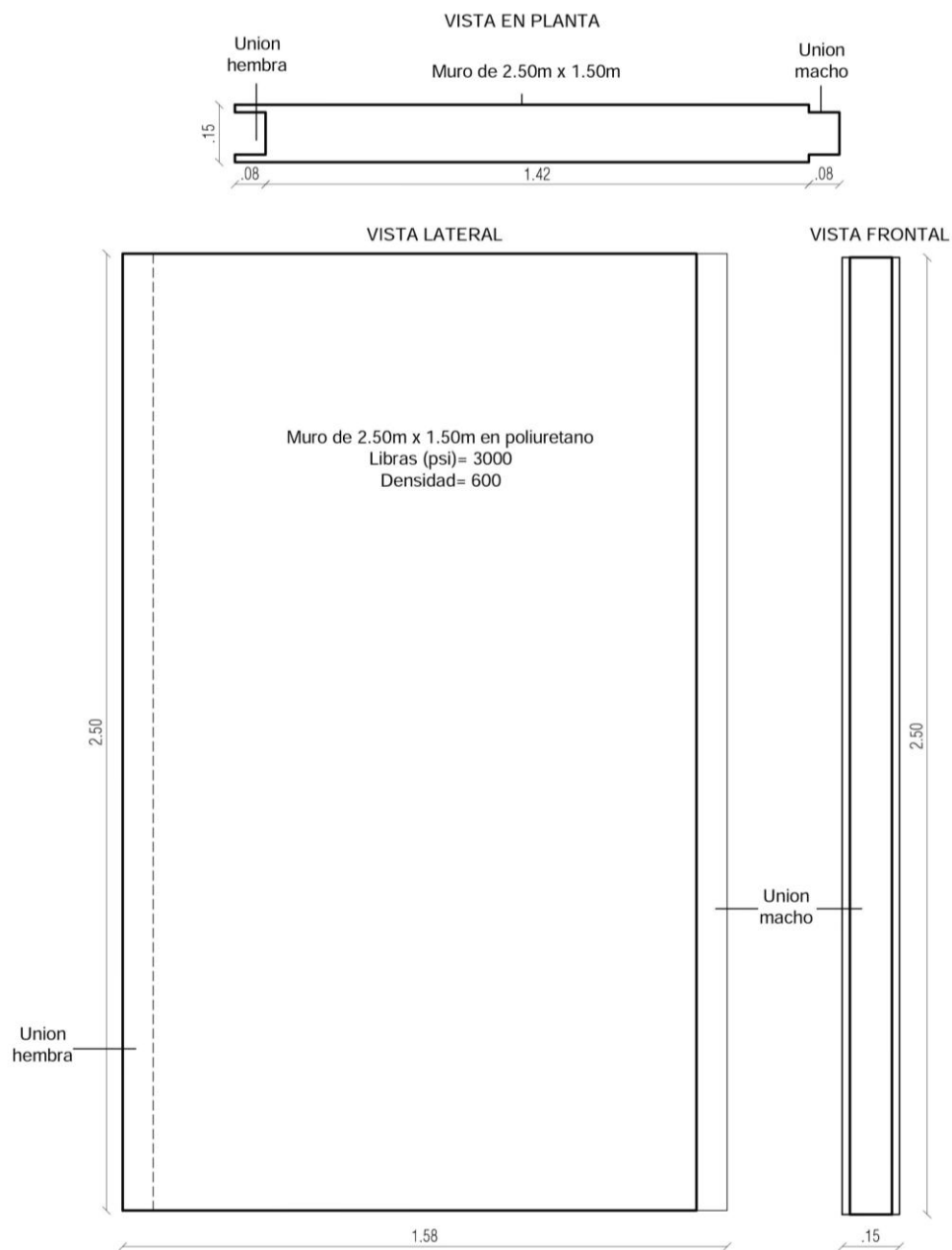
Figura 39: axonometría muros de poliuretano



Fuente: Propia

Lo primero que se ejecutó, es el diseño del **muro base**, el que se toma como guía para comenzar a implementar otros tipos de diseños, este muro base no tiene ningún tipo de abertura interna y tiene como función hacer los cerramientos de los proyectos arquitectónicos.

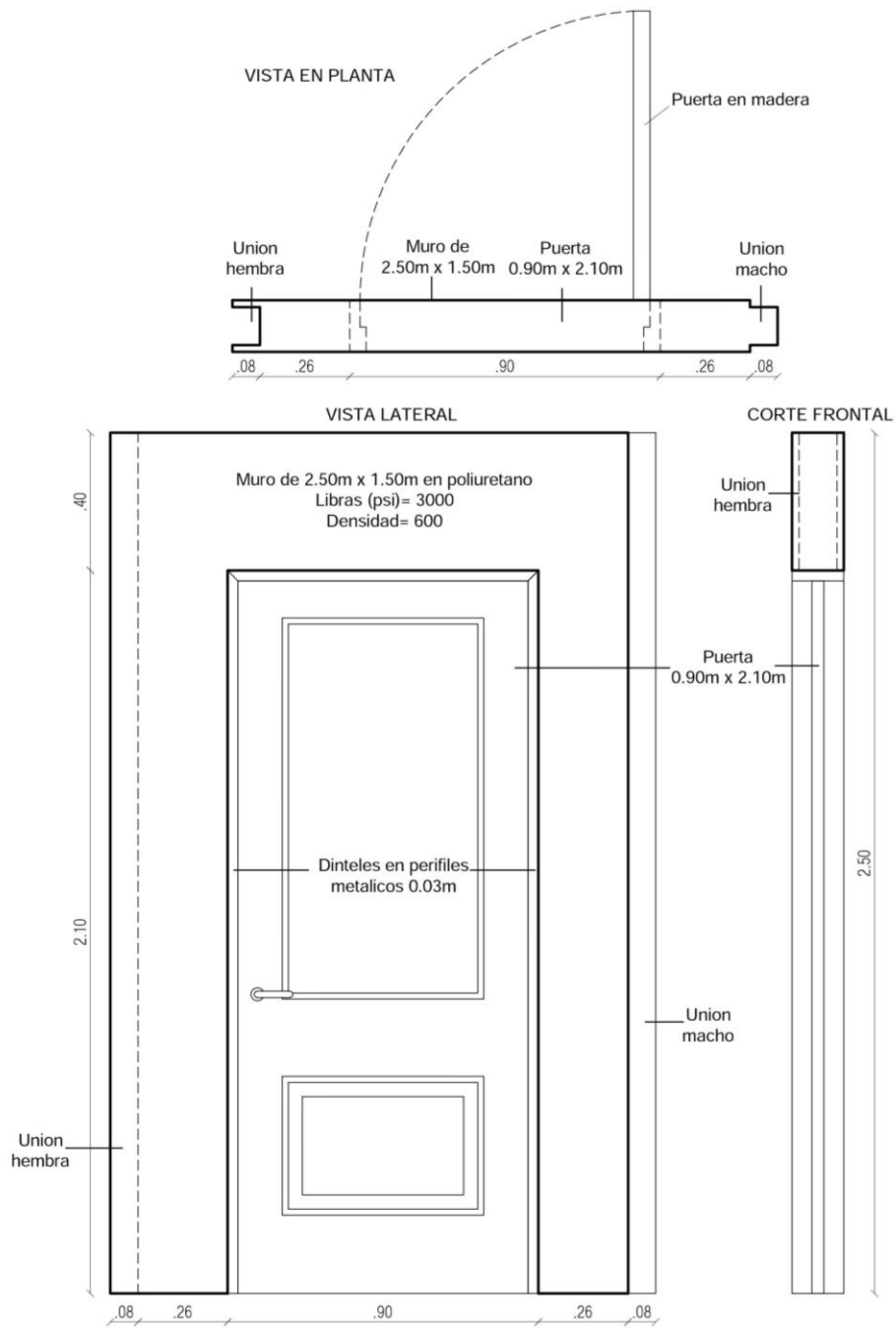
Figura 40: Muro base



Fuente: Propia

El siguiente diseño es el del **muro con puerta tipo 1**, el cual tiene la implementación de una puerta de 2.10m de alto por 0.90m de ancho, completamente centrada del muro, dejando 0.26m en cada uno de los lados y teniendo como parte superior 0.40m.

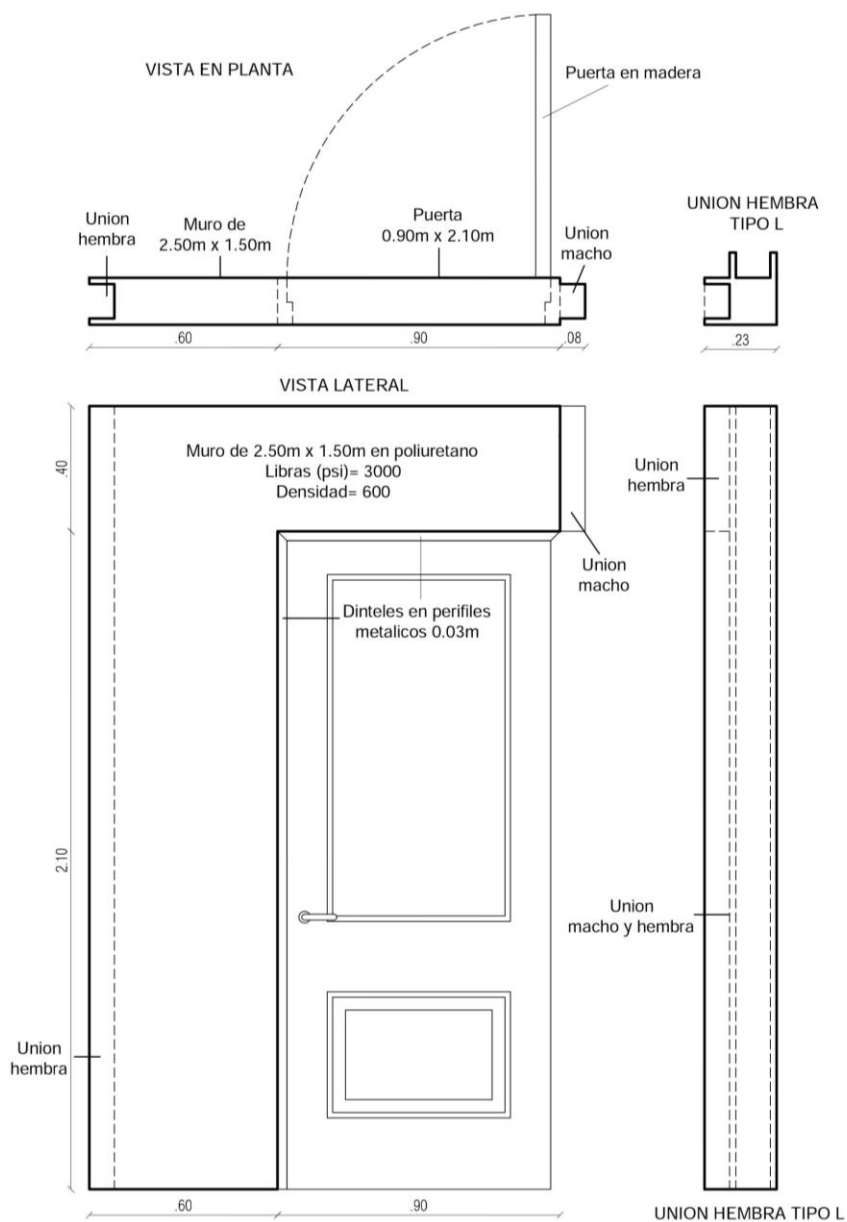
Figura 41: Muro con puerta tipo 1



Fuente: Propia

El diseño del **muro con puerta tipo 2**, es principalmente implementado para aquellos diseños arquitectónicos en donde se encuentran las puertas en una esquina. Por esta razón el muro queda dividido en una columna de 0.60m de largo y una viga de 0.40m, teniendo la obligación de amachimbrarse con una UNIÓN HEMBRA TIPO L, para generar el cambio de direccionalidad.

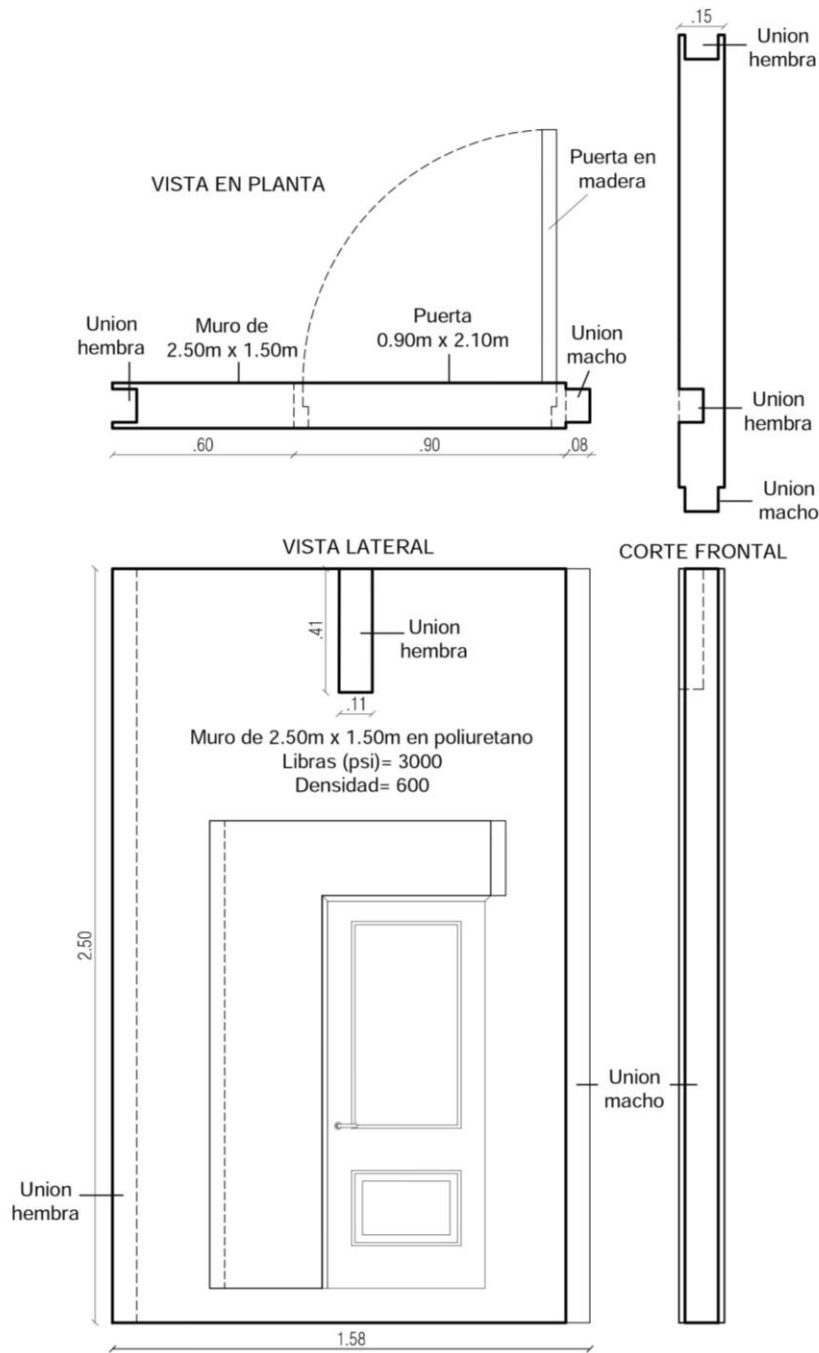
Figura 42: Muro con puerta tipo 2



Fuente: Propia

El **muro con puerta tipo 3**, es exactamente igual que el muro tipo 2, con la única diferencia de que NO se dovela con una unión tipo L, sino con otro muro prefabricado de poliuretano, implementado según el diseño arquitectónico que se realice.

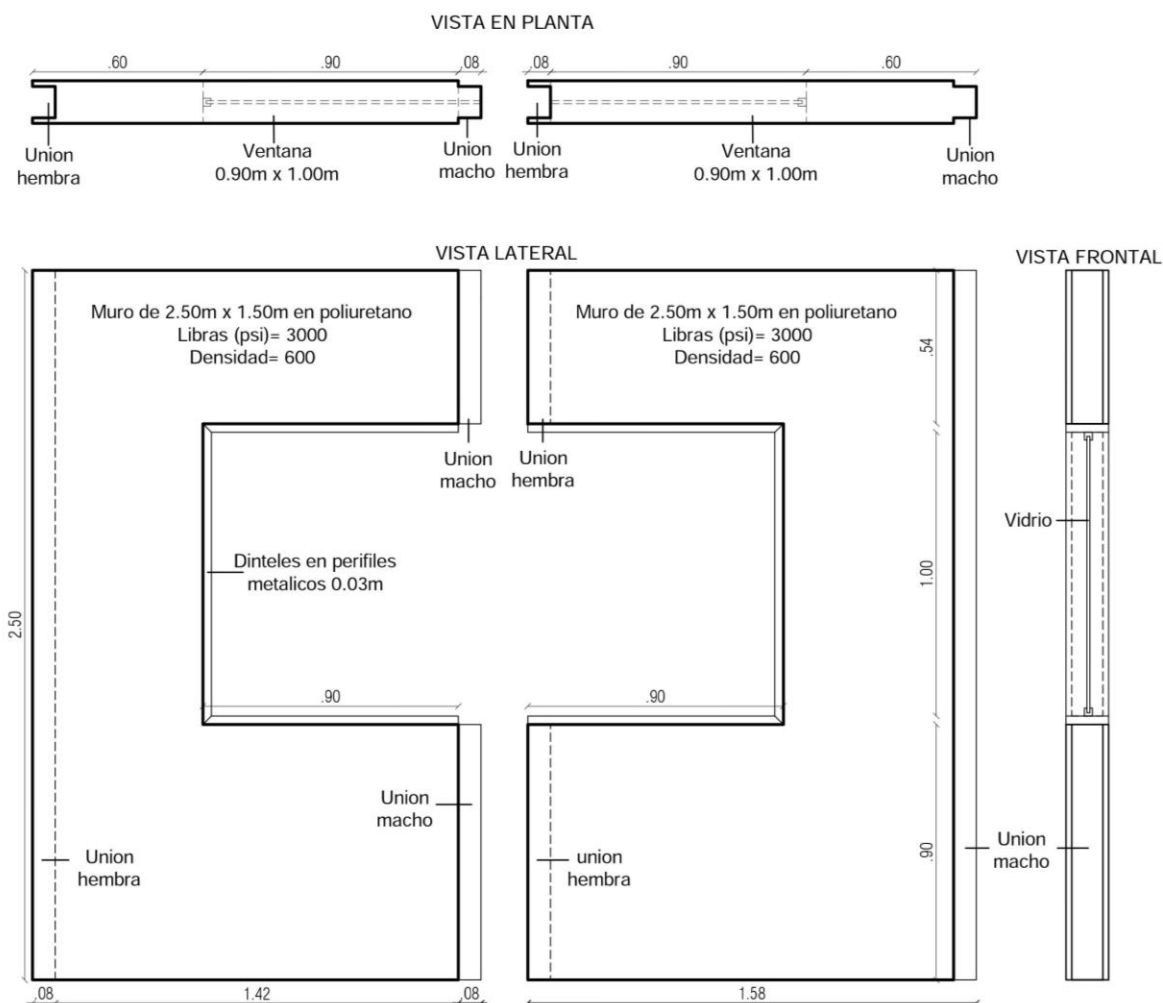
Figura 43: Muro con puerta tipo 3



Fuente: Propia

El muro con ventana, consta de un vano de 0.90 de largo por 1.06m de alto a dos muros diferentes a una misma altura de 0.90m, para al momento de unir los dos muros, obtener una sola abertura de 1.80m de largo y 1.06m de alto, adquiriendo unas vigas en cada uno de los muro de 0.54m.

Figura 44: Muro con ventana



Fuente: Propia

Y finalmente se efectúa el muro que suplementa todas aquellas redes que suministran agua y luz a los proyectos. Por esta razón el diseño de los muros que van a proveer este tipo de necesidades van tener implementados la tubería necesaria para los puntos de llegada de agua y el cableado de la luz.

Capítulo 4 - Malla electrosoldada y dovelas de transmisión de carga

Después de tener el muro diseñado con sus dosificaciones exactas, vemos que necesitamos un tipo de amarre con la estructura para tener un elemento completamente monolítico, por esta razón y después de haber estudiado muchos tipos de uniones y amarres, la mejor forma de poder transmitir las cargas, es mediante una malla de varillas de acero de ½” la cual tiene una resistencia de 60.000 libras por pulgada cuadrada, que van dentro de los muros a los cuales les sobran unos pelos de 0.60m y que se traslapan con las losas de concreto de contra piso y entrepiso, o con las vigas cintas de amarre. Al tener varios tipos de muros, la malla electrosoldada de ½” también se acomoda a los diferentes diseños los cuales vamos a ir viendo en este capítulo. A continuación en la tabla de abajo vemos las especificaciones de la varilla de ½”.

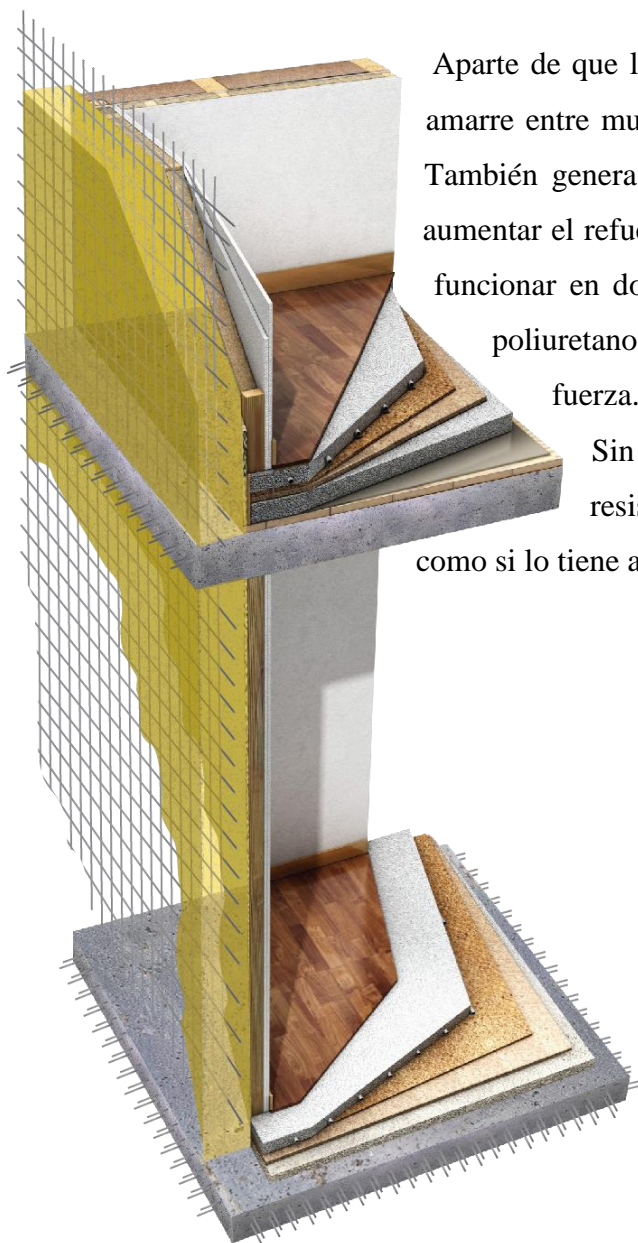
Tabla 13: Especificaciones varillas de acero

ESPECIFICACIONES						
VARILLA No	MEDIDA		PESO kg/m	PERIMETRO mm	ÁREA cm	PIEZAS ton
	mm	pulg.				
2.5	7.9	5/16	0.384	24.8	0.49	217+-7
3	9.5	3/8	0.557	29.8	0.71	149+-4
4	12.7	1/2	0.996	39.9	1.27	84+-2
5	15.9	5/8	1.560	50.0	1.99	54+-1
6	19.1	3/4	2.250	60.0	2.87	37+-1
8	25.4	1	3.975	79.8	5.07	21
10	31.8	1 1/4	6.225	99.9	7.94	13
12	38.1	1 1/2	8.938	119.7	11.40	9

Fuente: Acerobsv recuperado de: <http://acerobsv.com/varilla-corrugada.html>

La Malla electrosoldada es un producto metálico que se utiliza en la industria de la construcción para la elaboración de cimentaciones, pavimentos, soleras, terrazas etc. y está constituida por dos barras o alambres trefilados de similar diámetro que se entrecruzan, de manera ortogonal ósea a 90° y que están unidas por puntos de soldadura en las intersecciones.

Figura 45: Detalle constructivo muro



Fuente: Propia

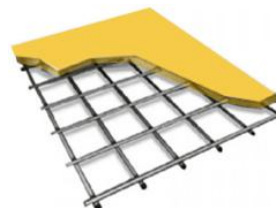
Aparte de que la malla electrosoldada nos funciona como amarre entre muros y losas por medio del empotramiento. También genera otra función importante, que consiste en aumentar el refuerzo del poliuretano, que no puede llegar a funcionar en donde todas las fuerzas están expuestas. El poliuretano es muy duro. Esto le da un cierto tipo de fuerza. Por ejemplo, es muy difícil de comprimir. Sin embargo, el poliuretano no tiene tanta resistencia a la tracción o resistencia al corte como si lo tiene a la compresión.

Figura 46: Tipo de varillas a usar



Fuente: TYASA- <http://talleresyaceros.com.mx/>

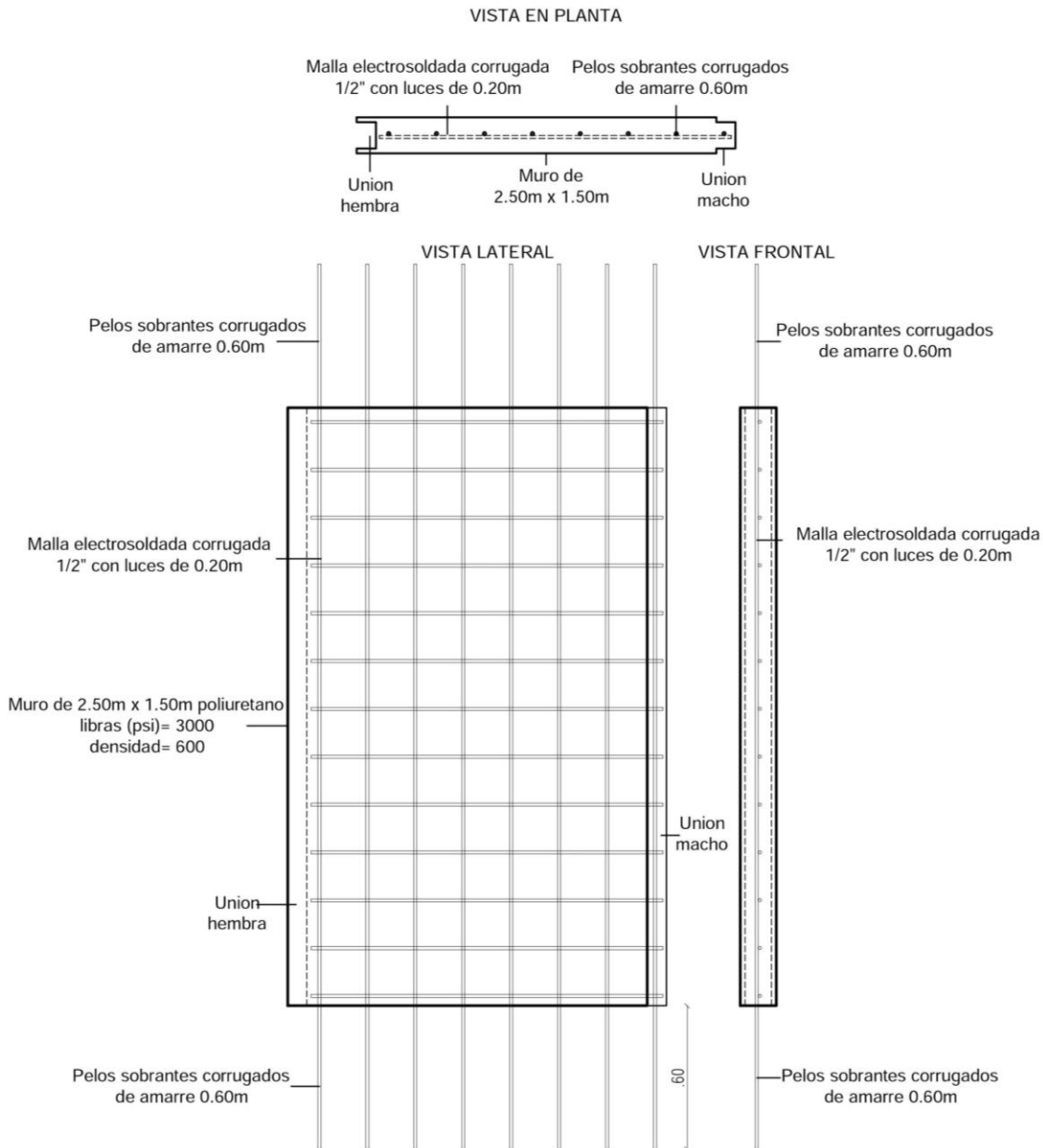
Figura 47: Detalle constructivo malla



Fuente: Propia

En el **muro base** la malla electrosoldada **NO** tiene cortes que interrumpa la transmisión de las cargas, la malla electrosoldada que va en la mitad de los muros prefabricados de poliuretano tiene unas medidas de 3.70m de alto y 1.47m de ancho, incluyendo los pelos externos de amarre de 0.60m por la parte superior y otros 0.60m por la parte inferior para el amarre con las losas.

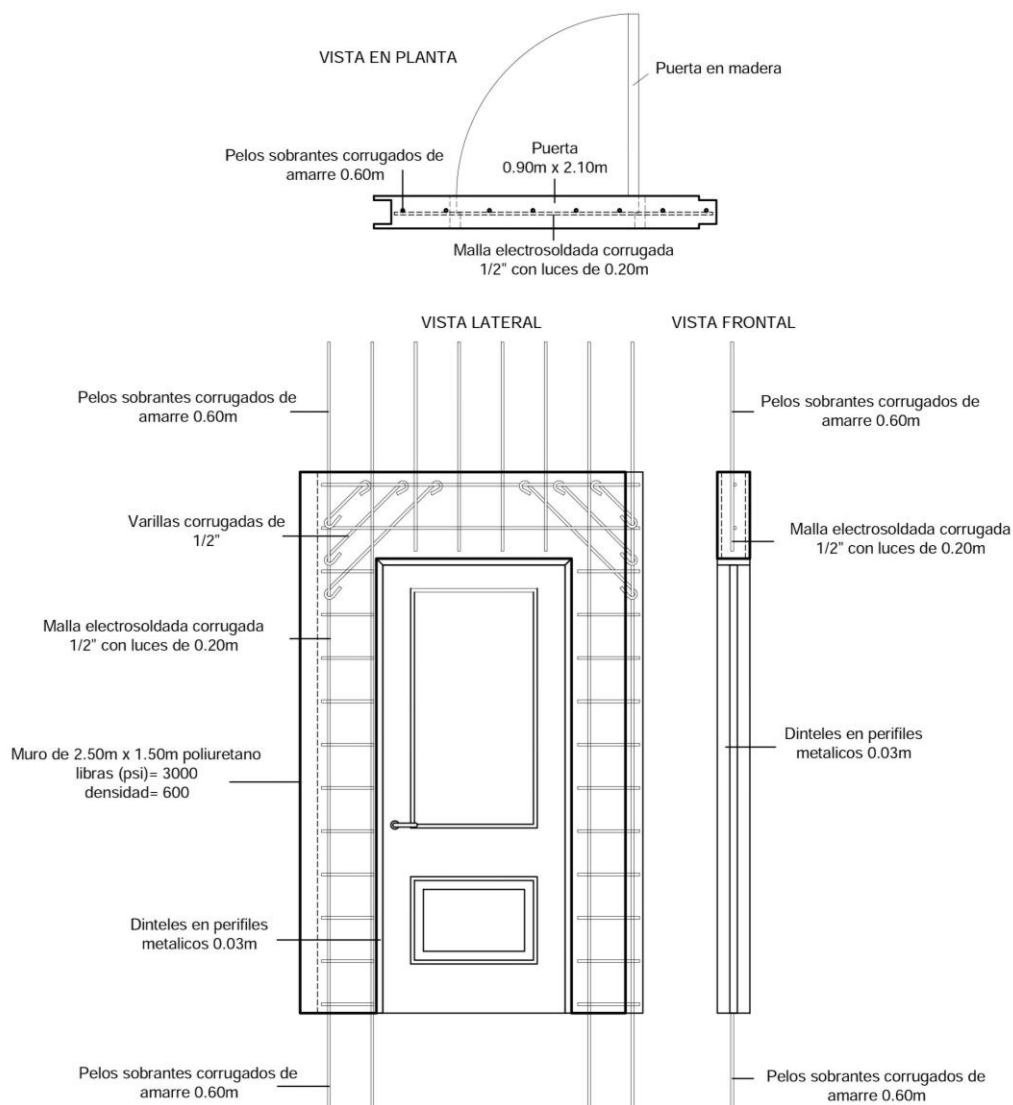
Figura 48: Muro base y malla electrosoldada de 1/2"



Fuente: Propia

El muro con puerta tipo 1, tiene exactamente las mismas especificaciones técnicas que el muro base, a diferencia que este muro tiene una abertura para generar una puerta de una dimensiones de 2.10m de alto por 0.90m de ancho, esto hace que a la malla electrosoldada de $\frac{1}{2}$ " se le genere esta misma abertura, colocándole unas varillas de $\frac{1}{2}$ " diagonales a 45° en cada una de los vértices, para perder el esfuerzo de la flexión en la parte superior del muro, para que toda la unidad funcione como una sola y utilizando unos dinteles en perfilaría metálica de 0.03m para reforzar aún más la flexión del muro.

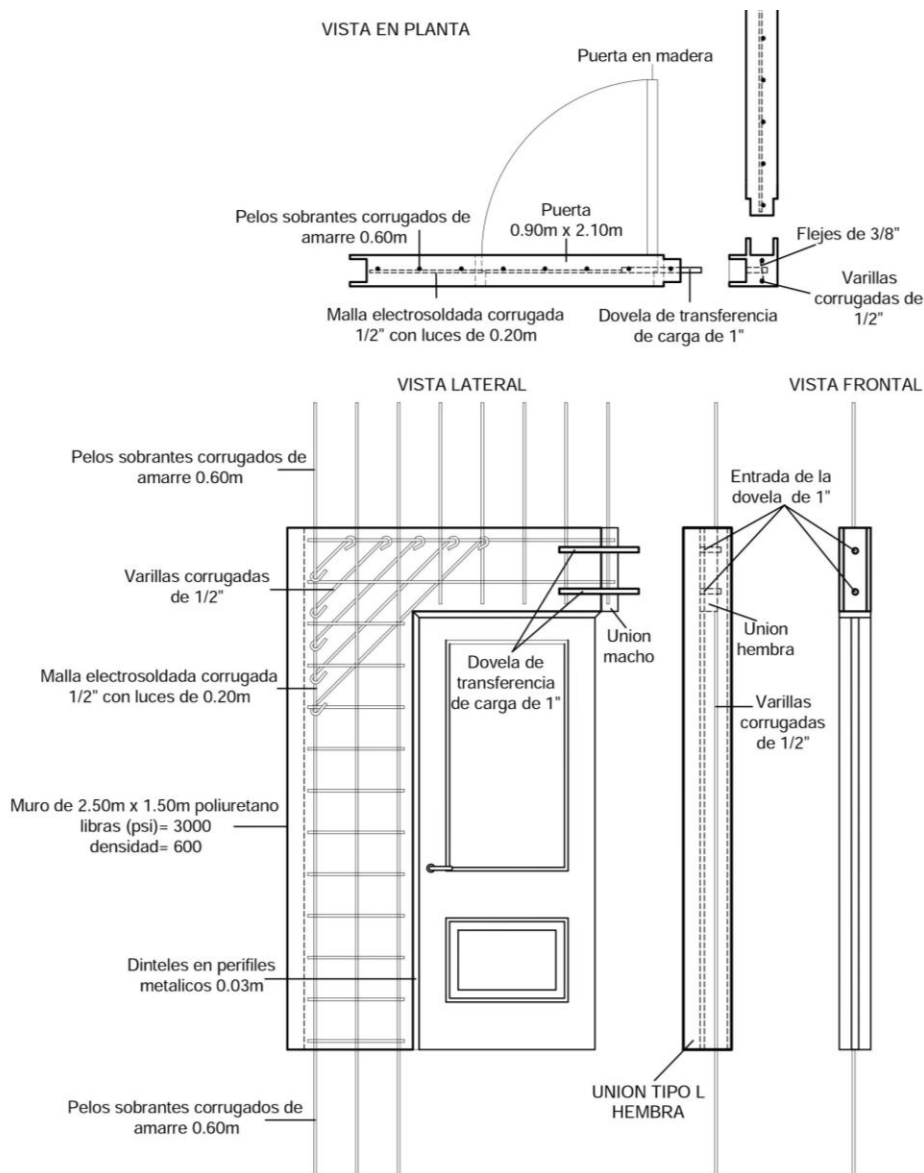
Figura 49: Muro con puerta tipo 1 y malla electrosoldada de $\frac{1}{2}$ "



Fuente: Propia

El muro con puerta tipo 2 es uno de los más complejos, porque la abertura que se le genera al muro, es sustrayéndole toda una sección en la parte esquinera, por esta razón también se utilizan unas varillas de $\frac{1}{2}$ " para realizar los refuerzos diagonales a 45° en uno de los vértices. La otra sección del muro con una dimensión de 0.40m tiene la obligación de ensamblarse con otro muro por medio de dos dovelas de 1" para realizar una buena transmisión de cargas la cual funciona como macho y hembra de 0.10m.

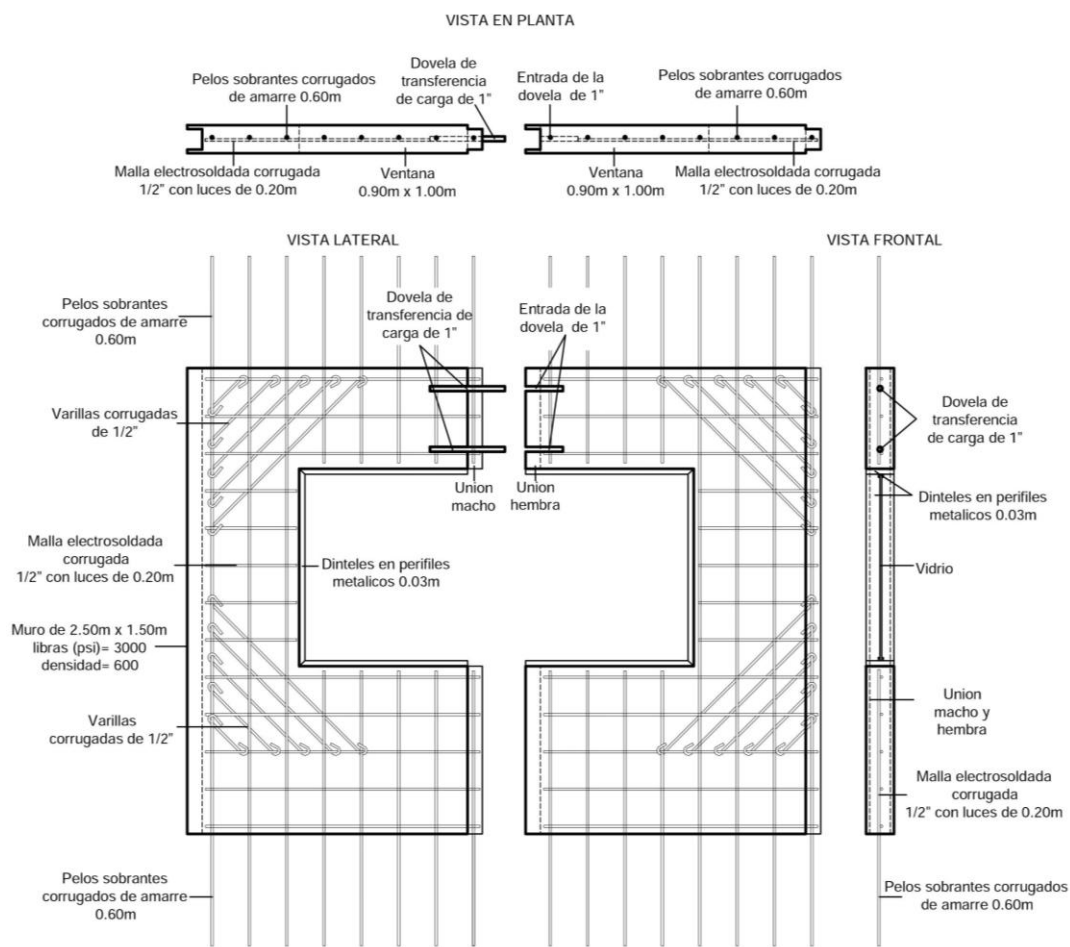
Figura 50: Muro con puerta tipo 2 y malla electrosoldada de $\frac{1}{2}$ "



Fuente: Propia

En el **muro con ventana**, La malla electrosoldada de $\frac{1}{2}$ " gracias a su facilidad de manejo, debe ser cortada exactamente igual al diseño del muro que se va a producir, reforzando los dos vértices más débiles con diagonales a 45° con varillas de $\frac{1}{2}$ " de cada uno de los muros. Este diseño de muro toca reforzarlos en la parte superior de los dos muros por motivos que quedan completamente frágiles, y para poder generar que la carga en ese punto sea eficiente, toca realizarles unos ensamble de macho y hembra por medio de dos dovelas de 1", la cual tiene como función transmitir la carga de manera eficiente y amarrar los muros para que funcionen de buena manera en caso de un sismo y siempre teniendo en cuenta los pelos de 0.60m que se deben dejar tanto en la parte superior como inferior para el amarre con las losas o vigas.

Figura 51: Muro con ventana y malla electrosoldada de $\frac{1}{2}$ "



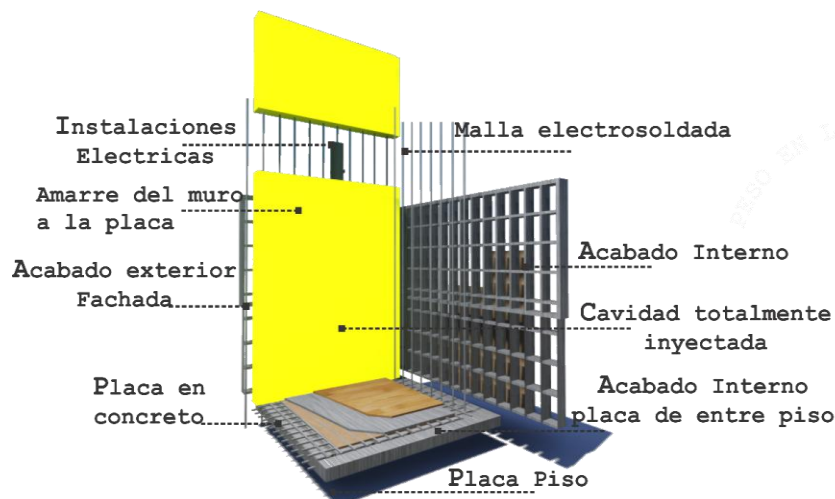
Fuente: Propia

Capítulo 5 - Diseño de uniones del muro estructural en poliuretano

Las uniones surgieron en el transcurso de la investigación a la hora de modular los muros en los diseños arquitectónicos, estas uniones son únicamente utilizadas en las esquinas para darle cambio de dirección a los muros prefabricados. Teniendo en cuenta que estas uniones estarían realizando la función de una columna que aparte de direccionar los muros también transmiten carga de una manera puntual.

Se diseñaron cuatro tipos de uniones las cuales se componen de un macho y una hembra que en total vendrían a ser ocho, para amachimbrar los muros con las uniones. Las cuales identificamos y las agrupamos así: **Unión tipo X** = 4 muros, **Unión tipo T** = 3 muros, **Unión tipo L** = 2 muros y **Unión tipo I** = 2 muros

Figura 52: Perspectiva muro estructural

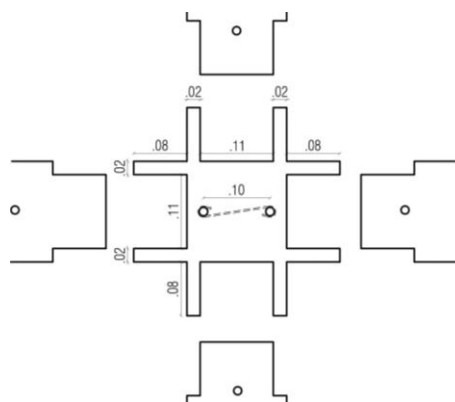


Fuente: Propia

La **unión tipo X hembra**, tiene la capacidad de recibir 4 muros por cada una de sus caras, se compone de dos varillas corrugadas de $\frac{1}{2}$ " a una distancia de 0.10m de los ejes de las varillas, las cuales se amarran del centro del muro, ósea al nivel 1.25m por unos flejes de $\frac{3}{8}$ " a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo, y faltando .070m para llegar a la parte superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

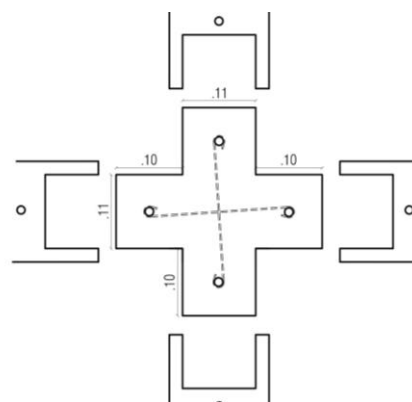
La **unión tipo X macho**, tiene forma de cruz, y se compone de 4 varillas corrugadas de $\frac{1}{2}$ " a una distancia de 0.20m de los ejes de las varillas, que también están amarradas por una flejes de $\frac{3}{8}$ " que se van intercalando una con otra, también a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo y del mismo modo faltando 0.70m para llegar al nivel superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

Figura 53: Union X - hembra



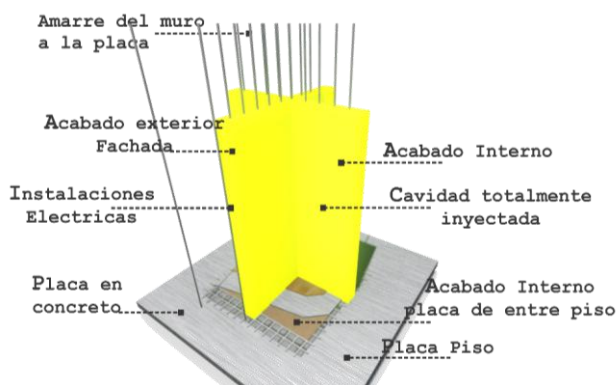
Fuente: Propia

Figura 54: Union X - macho



Fuente: Propia

Figura 55: Perspectiva union tipo X

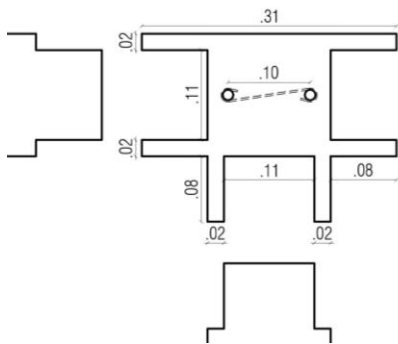


Fuente: Propia

La **unión tipo T hembra**, tiene la capacidad de recibir 3 muros por cada una de sus caras, se compone de dos varillas corrugadas de ½” a una distancia de 0.10m de los ejes de las varillas, las cuales se amarran del centro del muro, ósea al nivel 1.25m por unos flejes de 3/8” a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo, y faltando .070m para llegar a la parte superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

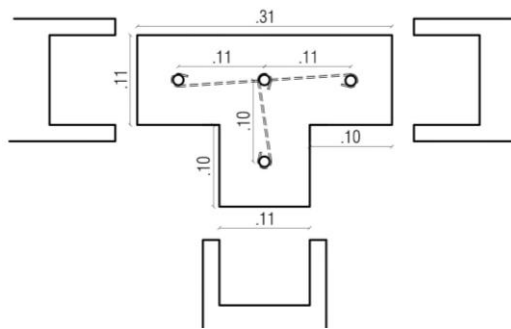
La **unión tipo T macho**, se compone de 4 varillas corrugadas de ½” a una distancia de 0.10m de los ejes de las varillas, que también están amarradas por una flejes de 3/8” que se van intercalando una con otra, también a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo y del mismo modo faltando 0.70m para llegar al nivel superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

Figura 56: Union T - hembra



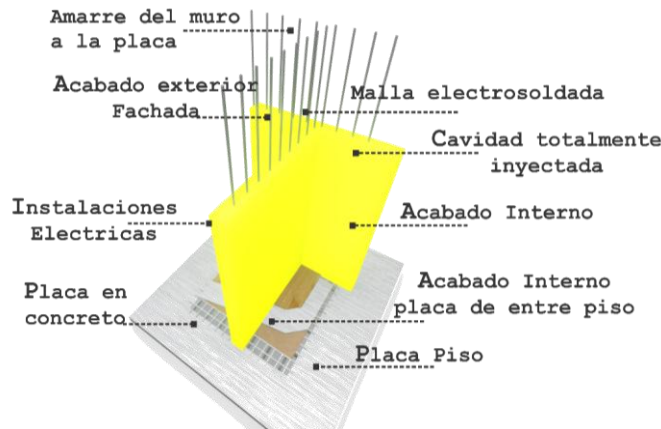
Fuente: Propia

Figura 57: union T - macho



Fuente: Propia

Figura 58: Perspectiva union tipo

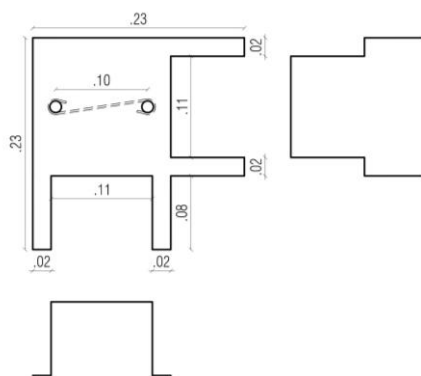


Fuente: Propia

La **unión tipo L hembra**, tiene la capacidad de recibir 2 muros por cada una de sus caras, se compone de dos varillas corrugadas de $\frac{1}{2}$ " a una distancia de 0.10m de los ejes de las varillas, las cuales se amarran del centro del muro, ósea al nivel 1.25m por unos flejes de $\frac{3}{8}$ " a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo, y faltando .070m para llegar a la parte superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

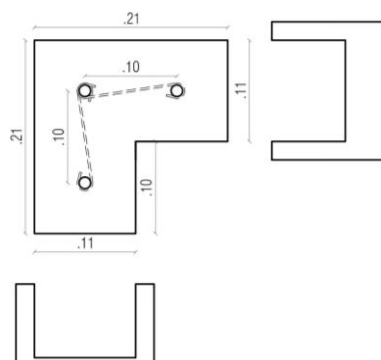
La **unión tipo L macho**, se compone de 3 varillas corrugadas de $\frac{1}{2}$ " a una distancia de 0.10m de los ejes de las varillas, que también están amarradas por una flejes de $\frac{3}{8}$ " que se van intercalando una con otra, también a una distancia de 0.25m hacia arriba y hacia abajo y del mismo modo faltando 0.70m para llegar al nivel superior e inferior del muro acortamos la distancia a 0.15m.

Figura 59: Union L - hembra



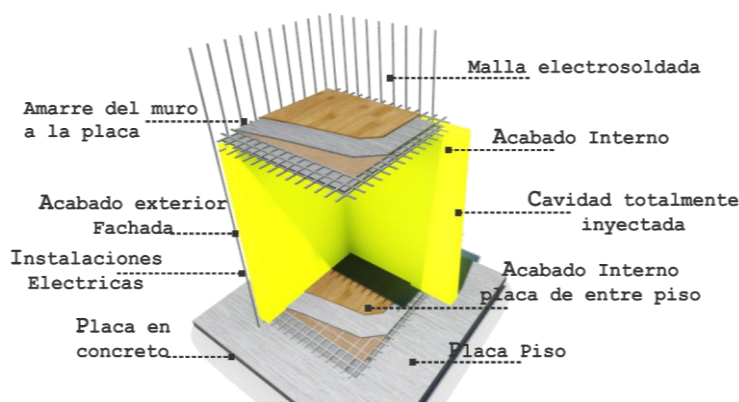
Fuente: Propia

Figura 60: Union L - macho



Fuente: Propia

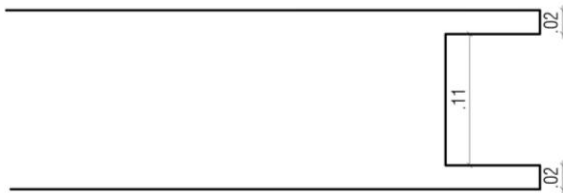
Figura 61: Perspectiva union tipo L



Fuente: Propia

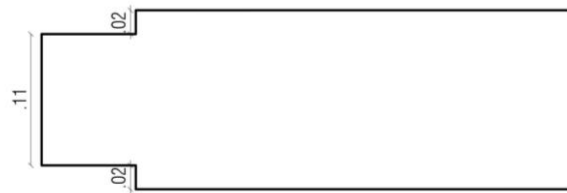
La **unión tipo I**, simplemente es la unión entre muro a muro que NO funciona columna, sino como muro, eso quiere decir que esta unión transmite la carga de una forma lineal. Todos los muros salen prefabricados con esta tipo de unión. Tiene solo la capacidad de recibir 2 muros por cada una de sus caras de una forma lineal, ósea sin dar cambio de dirección, la unión hembra tiene una entrada de 0.08m por 0.11m de ancho y del mismo modo la unión macho tiene una salida de 0.08m por 0.11m de ancho. Se compone de una malla electrosoldada de 3/8” que genera unos espacios de 0.10m entre una y otra las cuales son utilizadas para generar el amarre entre los muros prefabricados de poliuretano y las losas de concreto.

Figura 62: Union I - hembra



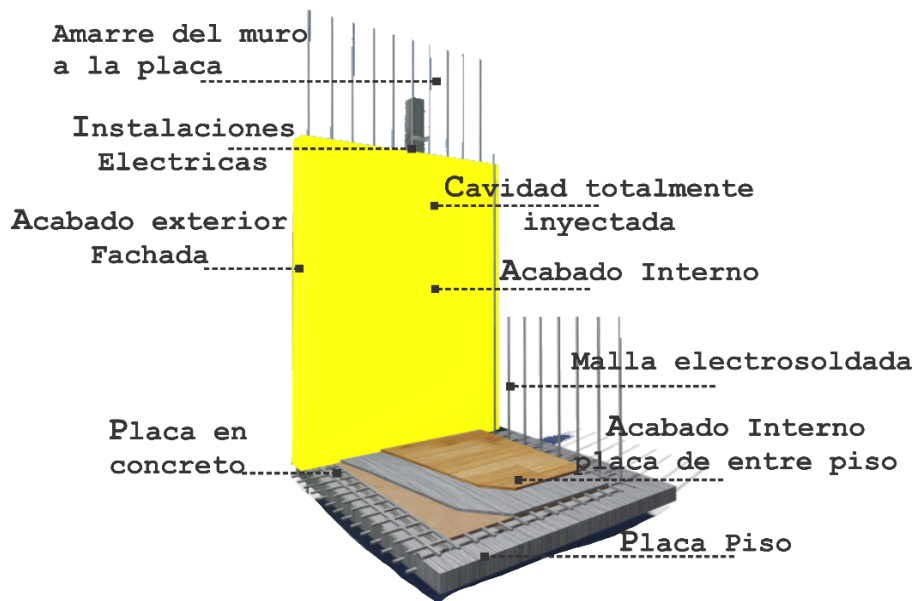
Fuente: Propia

Figura 63: Union I - macho



Fuente: Propia

Figura 64: Perspectiva union tipo I



Fuente: Propia

Capítulo 6 - Ubicación y función las instalaciones hidrosanitarias

Para continuar con los diseños de los muros estructurales de poliuretano implementamos este tipo de servicios que son obligatorias en cualquier edificación, las instalaciones hidráulicas y sanitarias prestan el servicio por medio de aparatos que se colocan en los equipamientos para facilitar la recepción de aguas utilizadas en la higiene y necesidades de las personas. Entre los aparatos más usados tenemos: inodoros, lavamanos, lavadero de platos, ducha, lavadora y nevera.

Hay dos tipos bien diferenciadas que son las instalaciones hidráulicas y las instalaciones sanitarias. Ambas constituyen los servicios básicos e indispensables en un equipamiento y son completamente necesarias y obligatorias.

Las **instalaciones hidráulicas** son un conjunto de tuberías que se encargan de suministrar el agua potable (fría y caliente) a una edificación donde se utilizan tubos de $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " o 1"; y es un servicio prestado por entidades públicas o privadas. Mientras que por otro lado las **instalaciones sanitarias** son un conjunto de tuberías de desagüe de 2" y 4" con la función de evacuar las aguas negras y pluviales de una edificación, por medio de cajas y tubos que van enterradas por la calle y que resisten presiones consideradas, siendo generalmente de hierro galvanizado, asbesto cemento, cobre, PVC.

Se implementara la tubería PVC dentro de los muros prefabricados de poliuretano ya que ofrecen mayor duración, son más fáciles de instalar, más livianos y muy resistentes, pues soportan mucha presión de agua. La idea principal es que la tubería va fundida dentro del

muro a la hora de prefabricarlo. Esta tubería se coloca en línea vertical a los muros, para que en el momento de la instalación en la obra solo sea conectar los punto a las redes que viene desde la losas de contra piso y entrepiso. Ya que Los aparatos presentan dimensiones estandarizadas. Los aparatos sanitarios instalados en un equipamiento deben ser abastecidos con agua. Para ello, se tiene en cuenta una altura determinada según el aparato. El punto de agua debe ubicarse a la derecha en los lavamanos y a la izquierda para inodoros; en ningún caso se puede cambiar esta posición.

Otro punto importante es el limpiador y la soldadura con la que se debe pegar los tubos, ya que por norma se debe usar estos aditivos que se emplean para limpiar las tuberías y accesorios que se van a soldar. Es muy practico y garantiza una mejor limpieza de las paredes internas de las campara y las externas del espigo, aparte que produce en los tubos una microporosidad que ayuda a que la soldadura se adhiera mejor y se logre una mejor union. Aquí te presentamos las medidas de los principales aparatos utilizados.

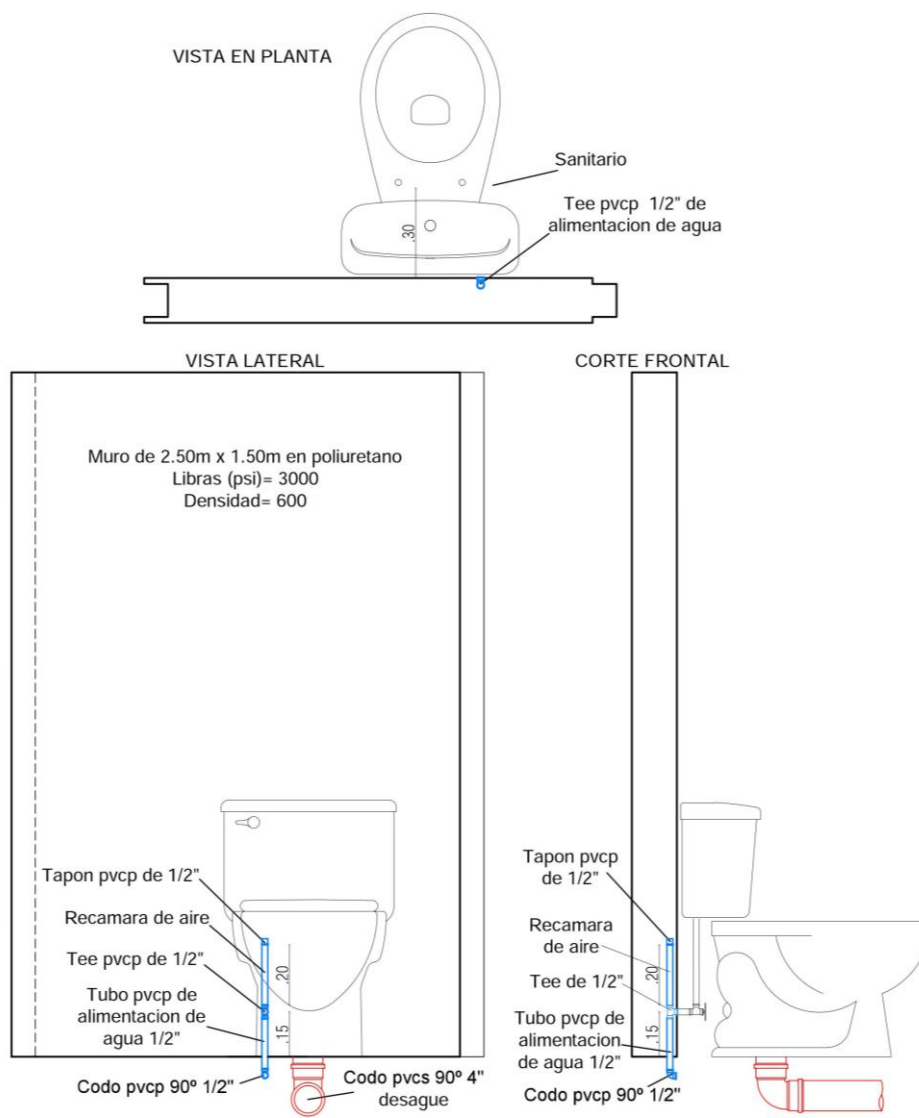
Tabla 14: Especificaciones hidrosanitarias

Aparato sanitario	Altura (nivel piso terminado)	Eje (punto medio del aparato sanitario)
Inodoro normal	10 – 15 cm	15 cm a la izquierda
Inodoro de una pieza	10 cm	15 cm a la izquierda
Lavadero de platos	105 – 115 cm	10 cm izquierda agua caliente 10 cm derecha agua fría
Lavadero de ropa	100 – 105 cm	10 cm izquierda agua caliente 10 cm derecha agua fría
Lavatorio	55 – 60 cm	10 cm izquierda agua caliente 10 cm derecha agua fría
Lavadora de ropa	100 cm	Al eje del aparato
Ducha	100 – 110 cm (llave) 200 – 210 cm (brazo de ducha)	Al eje del aparato
Urinario	100 – 105 cm	Al eje del aparato
Lavadora de ropa automática	100 cm	Al eje del aparato

Fuente: Manual de instalaciones sanitarias agua y desagüe, 2008.

Para el **diseño del muro con el sanitario** toca tener en cuenta que es un aparato que consta de dos piezas, la taza y el tanque. El tanque es abastecido de agua potable por medio de un tubo pvcp de 1/2", que suministra e ingresa al tanque por la parte inferior izquierda a una distancia de 0.15m de piso terminado y una recámara de aire de 0.20m, que lo podemos observar en la tubería de color azul. El punto de desagüe del inodoro está en el piso a 0.30m del eje del inodoro y de la pared terminada hacia afuera que esta de color rojo la cual sale por placa.

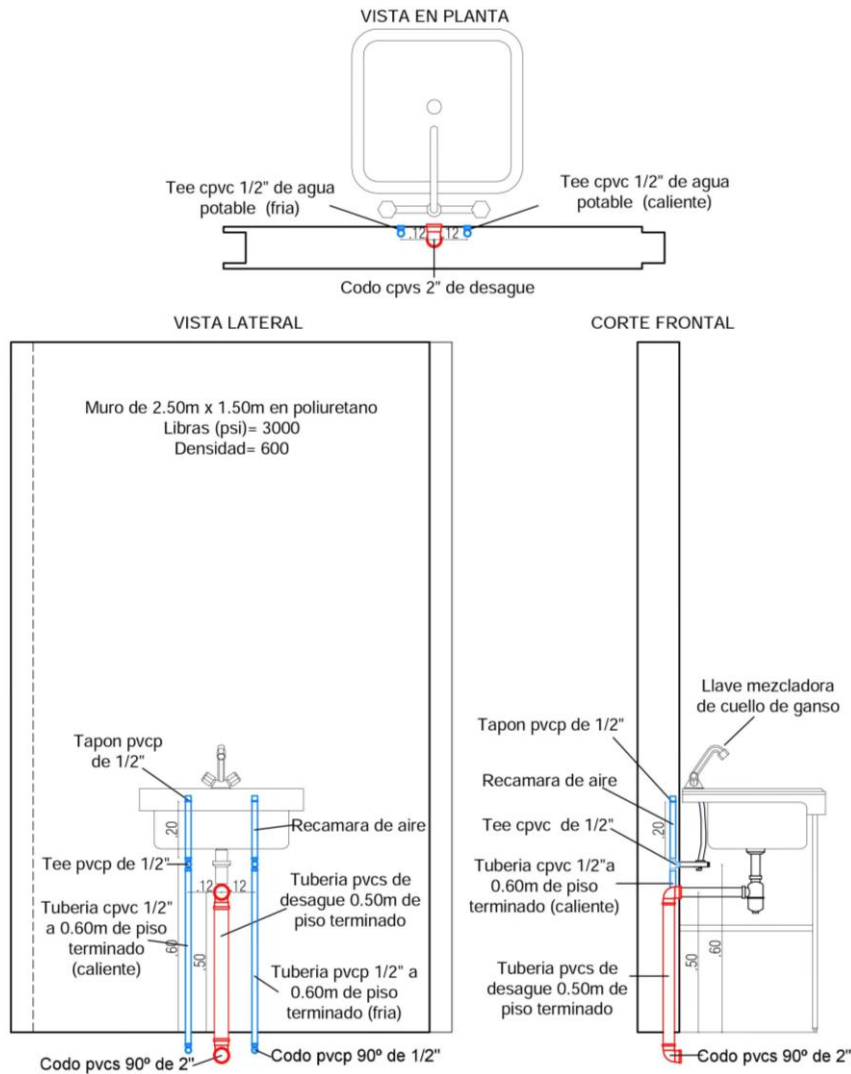
Figura 65: Muro con sanitario



Fuente: Propia

En el **diseño del muro con el lavaplatos**, conocemos que consta de dos puntos de alimentación, y con un punto de desagüe. El punto de desagüe se coloca en el muro considerando el eje del centro del lavaplatos a una altura de 0.50m, que consta de un codo de 90° de 2" la cual identificamos de color rojo. Y dos puntos de alimentación de agua potable de 1/2" de agua fría tubería PVCP al lado derecho y tubería CPVC de agua caliente al lado izquierdo, cada uno a 0.12m del centro del eje del tubo del desagüe, a una altura de 0.60m de piso terminado y dos recámara de aire de 0.20m en cada uno de los tubos de alimentación identificada de color azul.

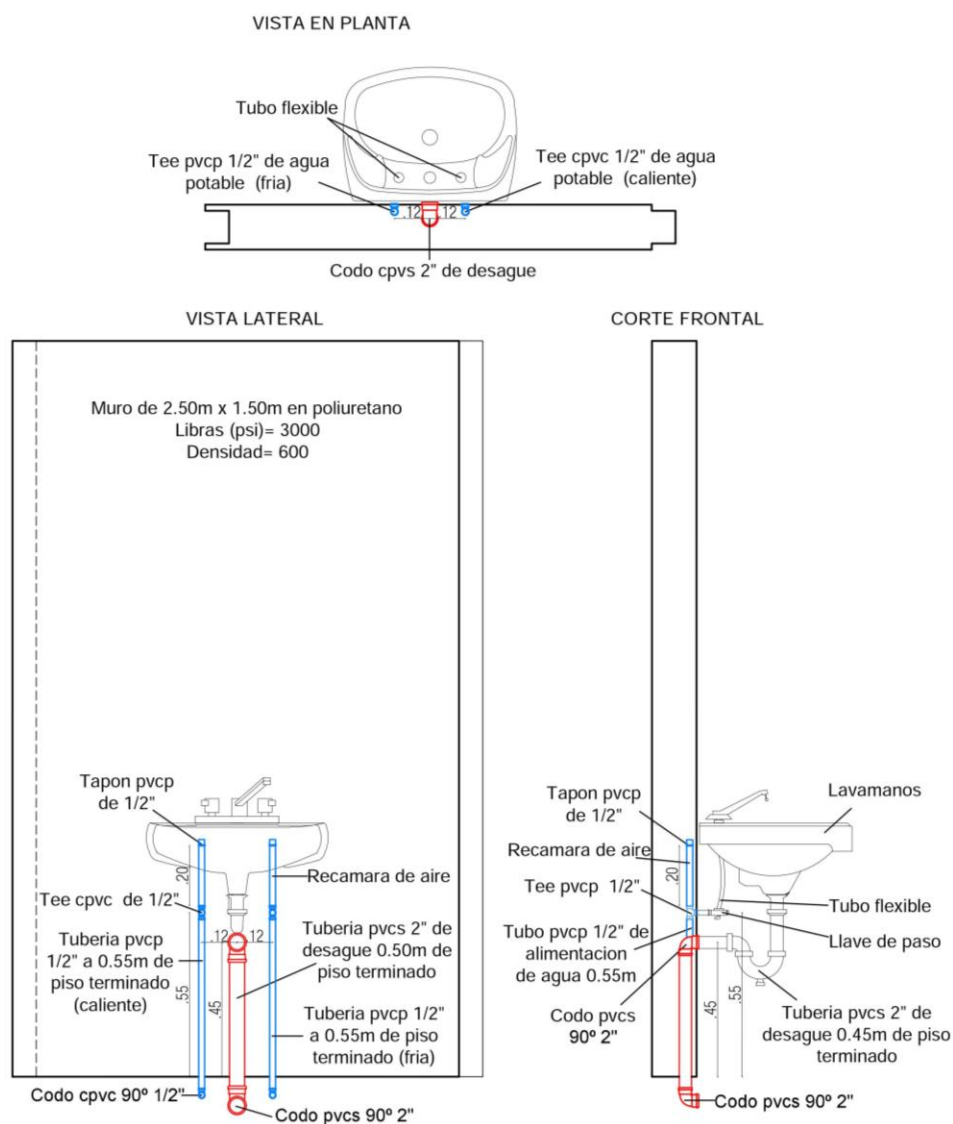
Figura 66: Muro con lavaplatos



Fuente: Propia

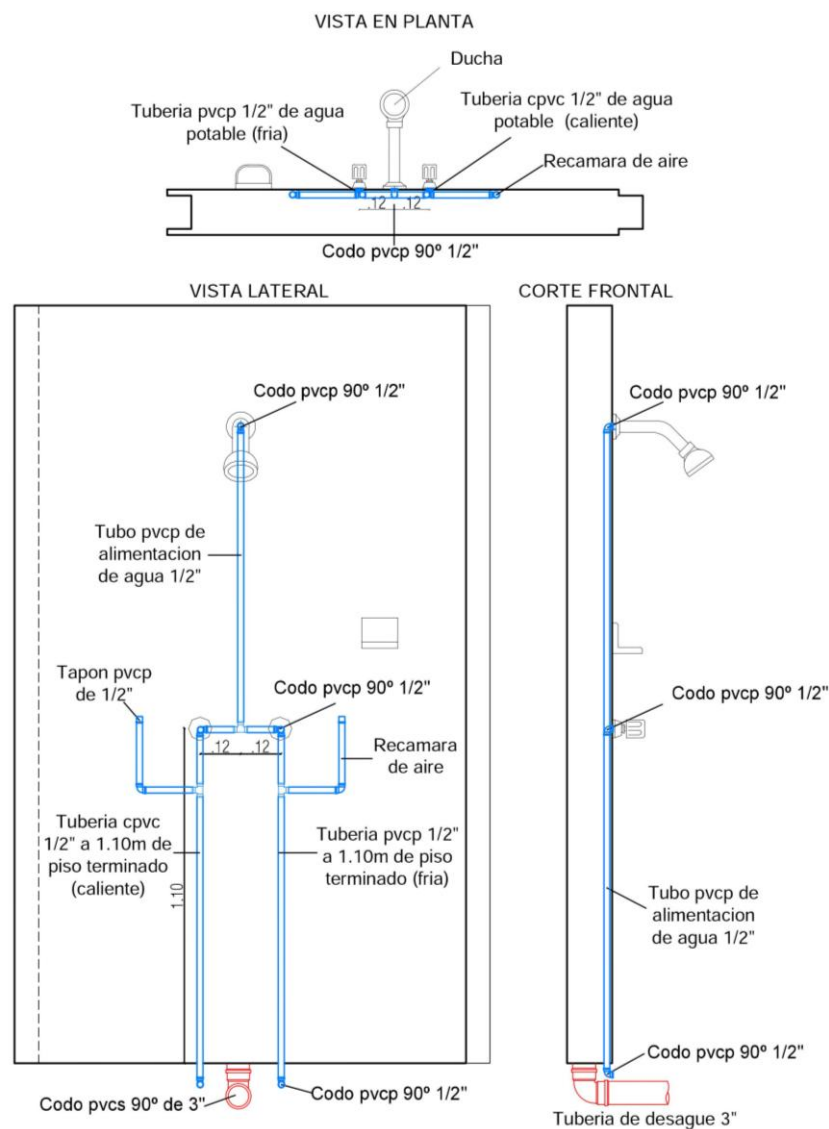
El **diseño del muro con el lavamanos**, tiene dos puntos de alimentación identificados de color azul y un punto de desagüe de color rojo. El punto de desagüe se coloca en el muro, considerando el eje del centro del lavamanos a una altura de 0.45m, que consta de un codo de 90° de 2". Y dos puntos de alimentación de agua potable de ½" de agua fría tubería PVC-P al lado derecho y tubería CPVC de agua caliente al lado izquierdo, cada uno a 0.12m del centro del eje del tubo del desagüe y a una altura de 0.55m de piso terminado y dos recámara de aire de 0.20m en la tubería de agua caliente y fría.

Figura 67: Muro con lavamanos



Para el **diseño del muro con la ducha**, analizamos que consta de dos puntos de alimentación de agua potable de $\frac{1}{2}$ "", de agua fría tubería PVCP al lado derecho y tubería CPVC de agua caliente al lado izquierdo, cada uno a 0.12m del centro del eje del tubo que sube hasta la regadera y a una altura de 1.10m de piso terminado y dos recámara de aire en cada una de las tuberías de alimentación de agua potable a 0.20m referidos de color azul. Y el desagüe de la ducha va en piso directamente por la losa de concreto identificado de color rojo.

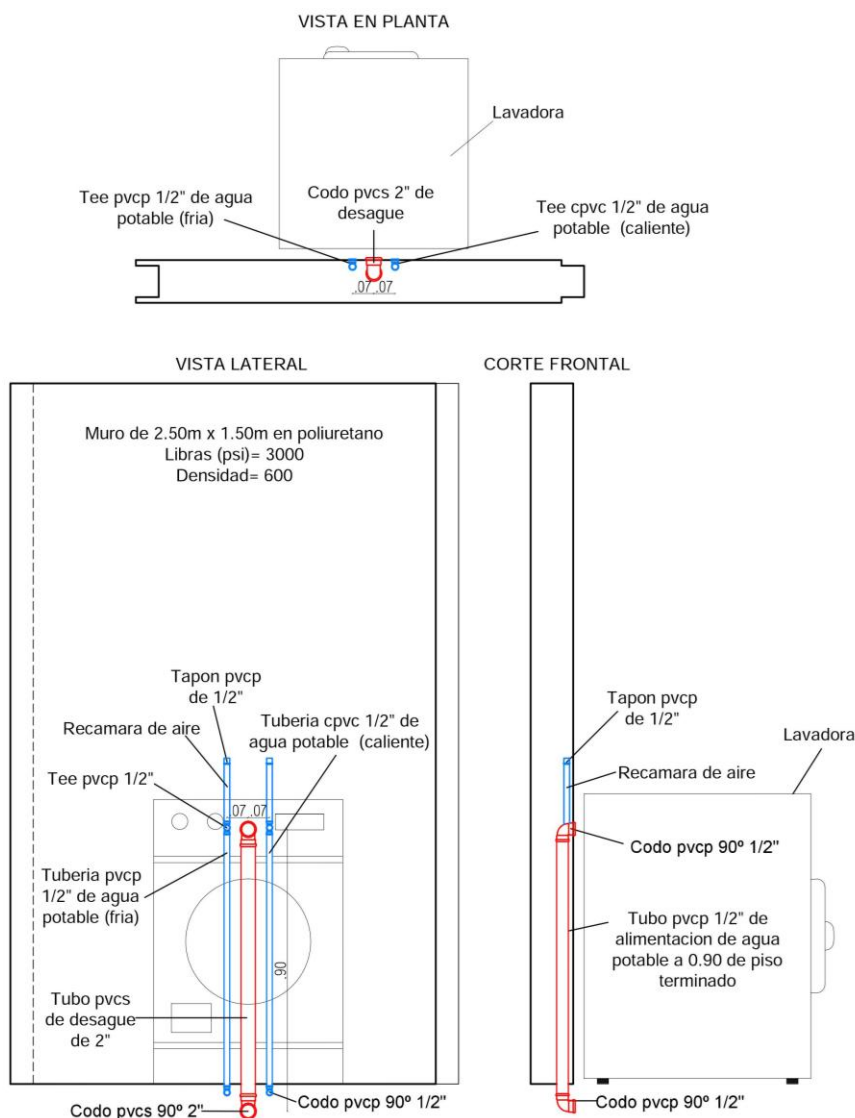
Figura 68: Muro con ducha



Fuente: Propia

El **diseño del muro de la lavadora**, tiene dos puntos de alimentación, identificados de color azul y un punto de desagüe de color rojo. El punto de desagüe se coloca en el muro de poliuretano considerando el eje del centro de la lavadora a una altura de 0.90m, que consta de un codo de 90° de 2". Y dos puntos de alimentación de agua potable de 1/2" de agua fría tubería PVCP al lado derecho y tubería CPVC de agua caliente al lado izquierdo, cada uno a 0.07m del centro del eje del tubo del desagüe teniendo la misma altura de 0.90m y cada tubo de alimentación con su recámara de aire de 0.20m.

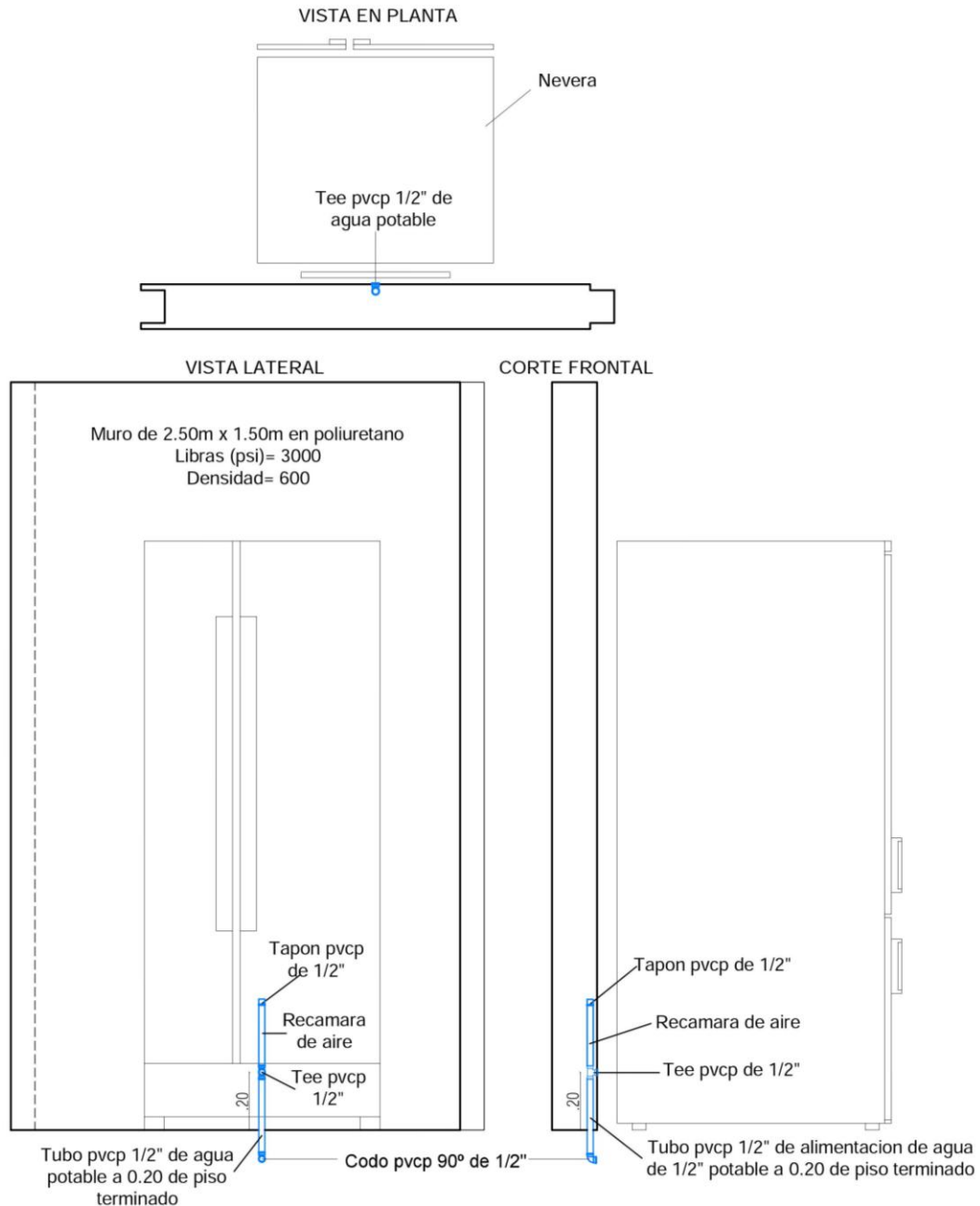
Figura 69: Muro con ducha



Fuente: Propia

Para el **diseño del muro de la nevera**, tenemos en cuenta el punto de alimentación de agua potable de $\frac{1}{2}$ " identificada de color de azul, la nevera es abastecida de agua potable por medio de un tubo PVCP de $\frac{1}{2}$ " que ingresa a la nevera por la parte inferior izquierda a una distancia de 0.20m de piso terminado y con su recámara de aire de 0.20m.

Figura 70: Muro con nevera



Fuente: Propia

Capítulo 7 - Ubicación y función de las instalaciones eléctricas

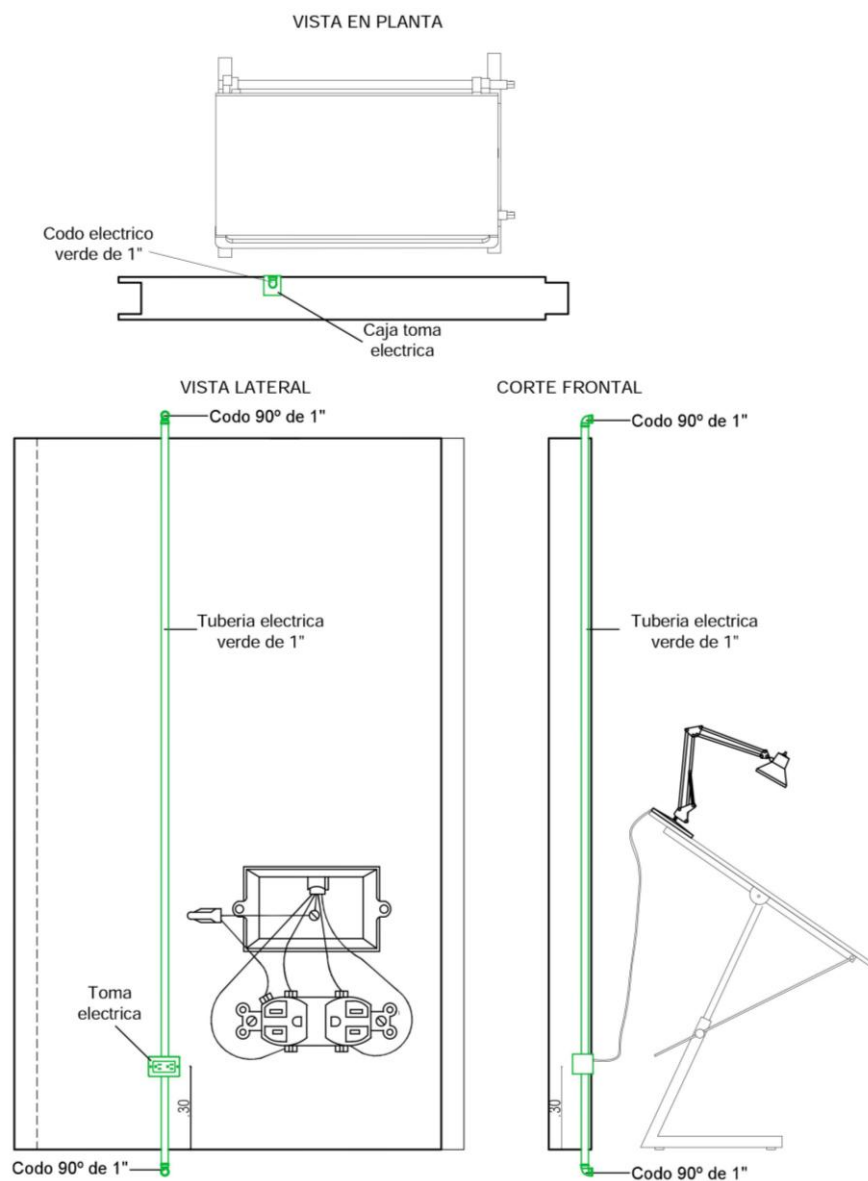
En este capítulo debemos primeramente mencionar que las **instalaciones eléctricas** son un conjunto de circuitos eléctricos que tienen como objetivo un uso específico, que es generarle iluminación a los equipamientos. Por esta razón para terminar con los diseños de los muros estructurales de poliuretano, implementamos este tipo de instalaciones (luz), estos aparatos se colocan en los equipamientos para facilitar la recepción de iluminación y confort para suplir las necesidades de las personas.

De este modo se implementara la tubería eléctrica dentro de los muros prefabricados de poliuretano la cual es colocada y ubicada antes de fundir el muro de una manera estandarizada, por esta razón el diseño se compone de una tubería de 1" de color verde exigido por norma, que atravesaría todo el muro de una manera longitudinal, lo que facilitara en el diseño eléctrico poder cablear desde cualquiera de los dos extremos ya sea desde la parte superior o desde la parte inferior, en caso de que alguno de los dos puntos no se vaya a usar, simplemente se colocaría un tapón antes de fundir la placa para dejarlo inexistente y luego si fundir. Esta tubería va en línea vertical a los muros, para que en el momento de la instalación en la obra, solo sea cablear las redes eléctricas que viene desde la losas de contra piso y entrepiso. Se seleccionó una tubería con un diámetro de 1" por la razón de poder tener la posibilidad de introducir una buena cantidad de cableado, ya que si introducimos una tubería con un diámetro menor podríamos perder la funcionalidad de la tubería que va dentro del muro, en caso de que por diseño tuvieran que introducir una gran cantidad de cables la tubería quedaría como ineficiente. Por esta razón la tubería de 1" es la más apta para estos casos (como dice el dicho es mejor que sobre a que falte). Hay una

serie de aparatos con los que nosotros debemos contar para la fundida del muro estructural de poliuretano, donde se tuvo en cuenta principalmente las más usadas como lo son la toma eléctrica, los interruptores eléctricos, la toma telefónica.

Una toma eléctrica es un dispositivo cuya función es poner en contacto eléctrico la tensión de la red con el receptor; en el **diseño del muro con toma eléctrica** esta debe estar ubicada 0.30m del piso terminado.

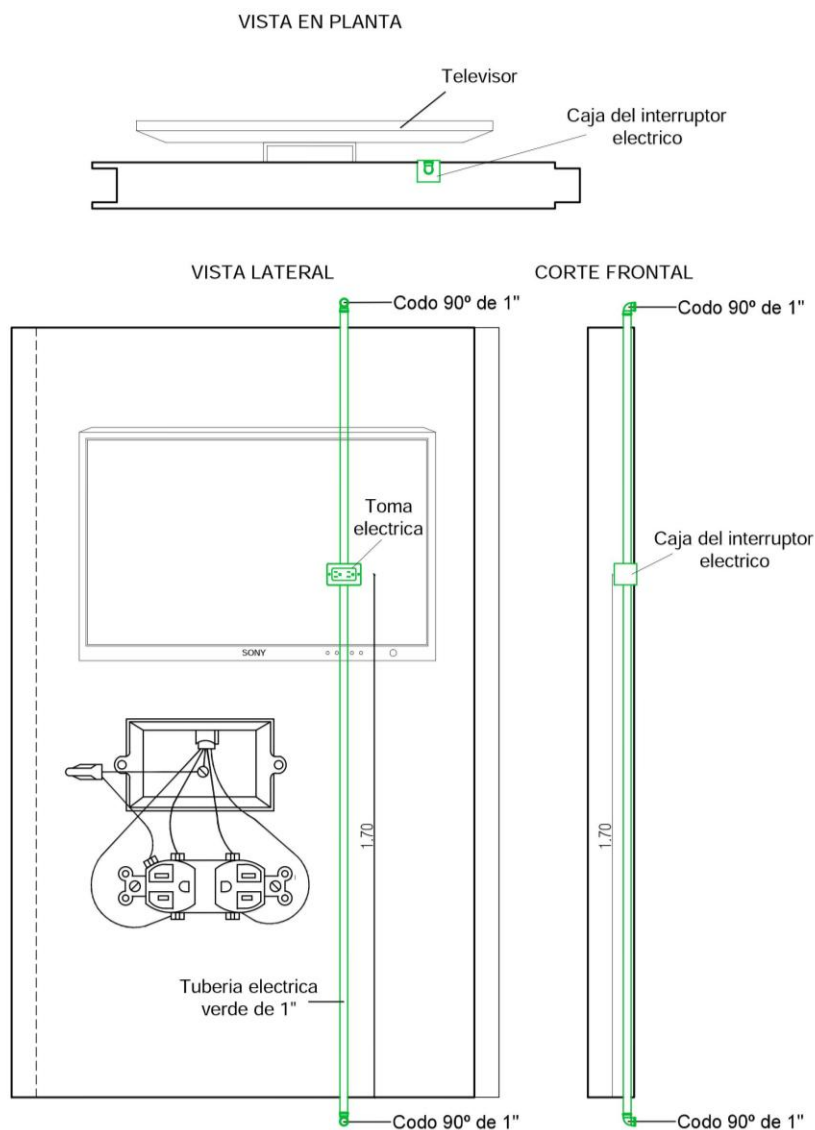
Figura 71: Muro con toma electrica



Fuente: Propia

Esta misma toma eléctrica se utiliza para ciertos electrodomésticos, los cuales no pueden ir conectados a una altura tan baja, por ejemplo para la instalación de un televisor, el **diseño del muro con televisor**, la toma corriente debe estar por norma a una altura de 1.70m del piso terminado. Conectar una toma a la línea de alimentación principal es lo más fácil, simplemente se deriva del alimentador la FASE y el NEUTRO. Conectar cada conductor a cada uno de los tornillos del contacto, el tornillo de la ranura mayor se conecta al NEUTRO, y el otro a la FASE.

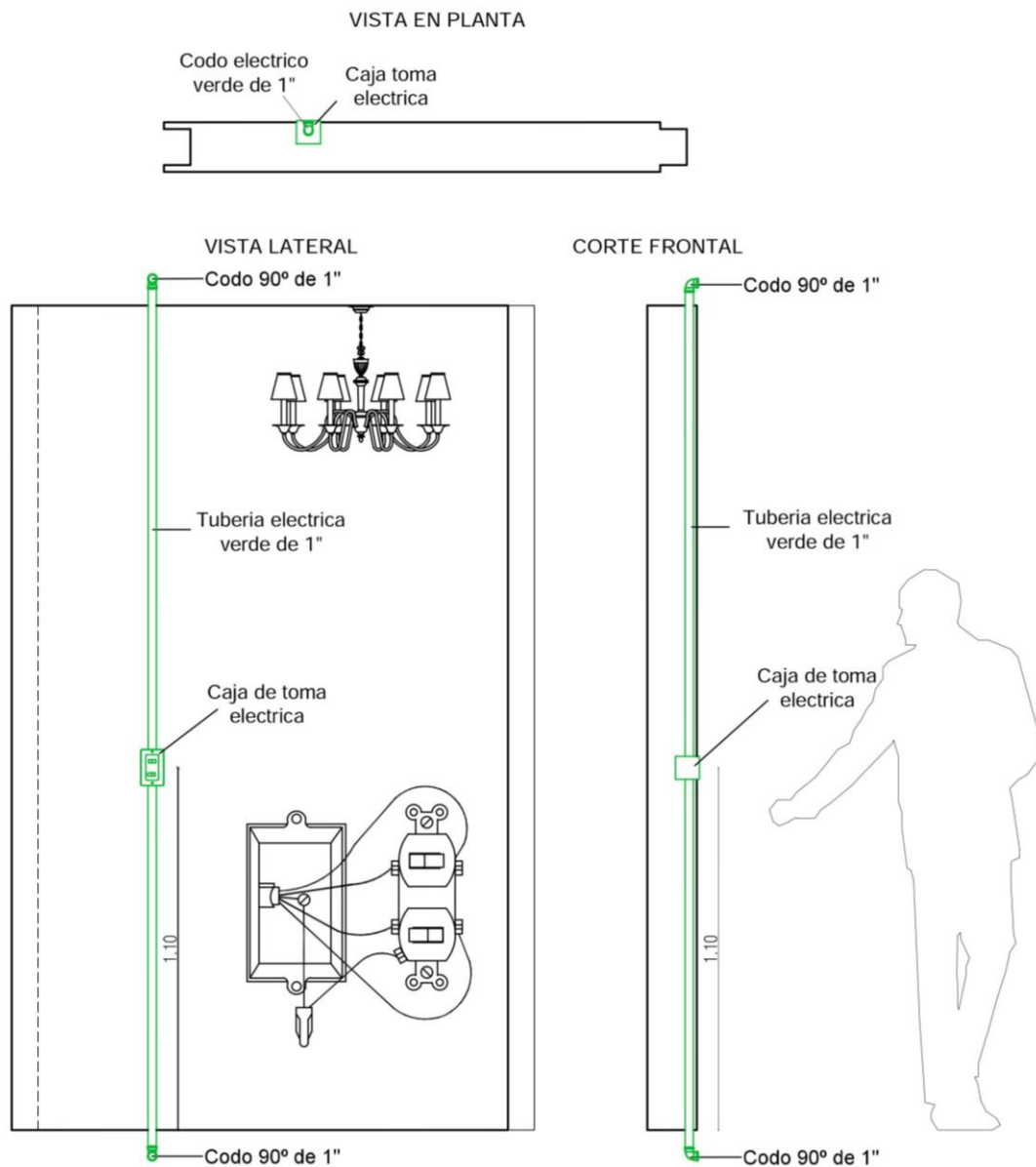
Figura 72: Muro con televisor



Fuente: Propia

Un interruptor es un dispositivo que, tal como su mismo nombre indica, interrumpe o permite el paso de corriente eléctrica, según sea su posición de activación. Generalmente por norma los interruptores deben estar ubicados a una distancia de 1.10m del piso terminado para la comodidad de las personas. Por esta razón el **diseño del muro con interruptores** debe cumplir estas especificaciones estandarizadas.

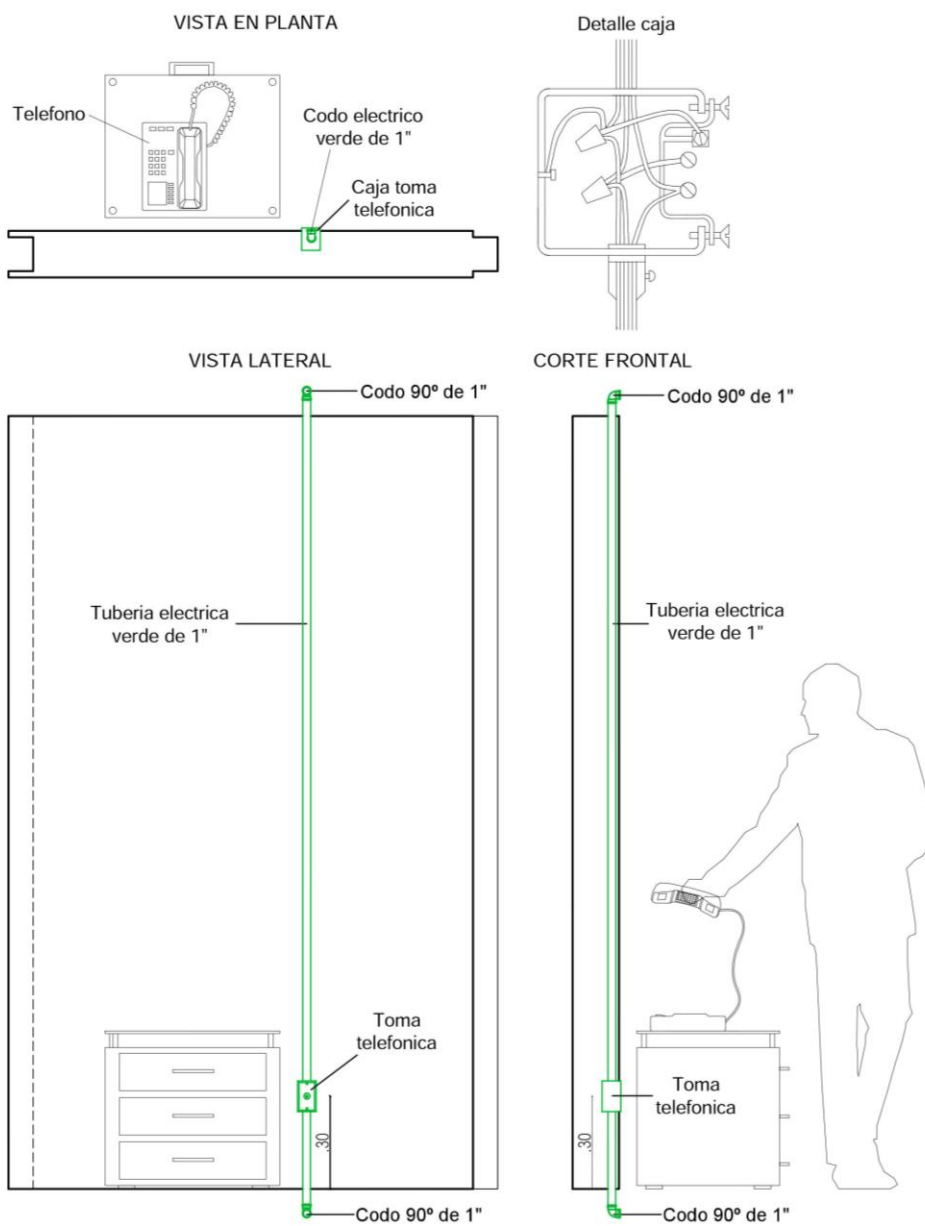
Figura 73: Muro con interruptor.



Fuente: Propia

Y para finalizar el **diseño del muro con telefonía** funciona exactamente igual que los otros diseños de muros después de cablear, simplemente se atornillan los cables que generalmente son de cobre, con los tornillos y siguiente a ellos apretamos. Pero lo que realmente nos interesa es saber que para estas instalaciones el muro cumple las necesidades por medio de esta tubería verde de 1" para dar funcionamiento a la línea telefónica.

Figura 74: Muro con telefonía

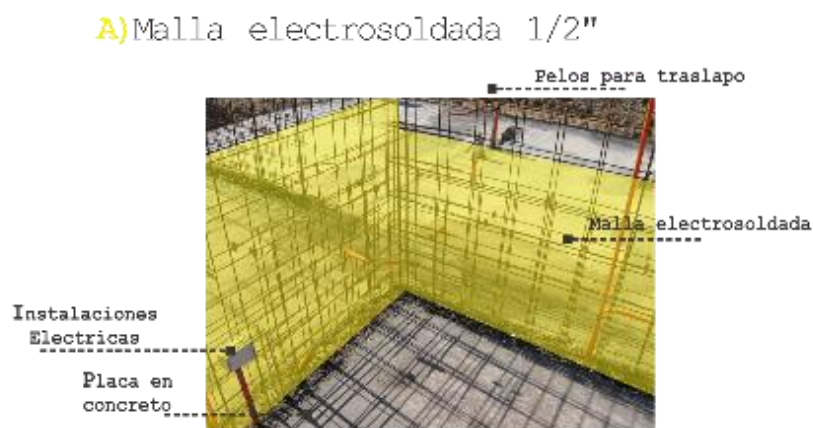


Fuente: Propia

Capítulo 8 - Instalación del muro estructural de poliuretano

La instalación del muro estructural en poliuretano se convierte en lo más sencillo en la construcción, al ser prefabricados, llegan a la obra directamente a iniciar su montaje lo cual genera ahorro de tiempos, la mano de obra se ejecuta de una manera tradicional, única y exclusivamente traslapando los hierros de las losas con los pelos sobrantes del muro estructural de poliuretano, aunque al tener diferentes tipos de muros aumenta la complejidad de la instalación, teniendo en cuenta que hay unas diferentes tipologías de muros que tienen una serie de vanos los cuales toca amachimbrar con las dovelas como lo son los **muros con puerta tipo 2**, los **muros con puerta tipo 3** y los **muros con ventanas** para asegurar una excelente transmisión de las cargas y no se generen puntos frágiles por donde puede llegar a fallar la estructura.

Figura 75: Traslado de muros a placa



Fuente: Propia

La instalación de los muros estructurales de poliuretano debe realizarse previamente a la fundida de las losas de contrapiso y entrepiso, ya que su instalación comienza después de tener todos los hierros de las losas instalados y paneleados para comenzar el montaje de los muros prefabricados uniéndolos unos con otros y traslapando los pelos de 0.60m sobrantes con los hierros de la bandeja superior, al momento de tener todos los muros montados y traslapados de la primera planta se funde la losa de contrapiso, mientras que se va generando la actividad del replanteo de los hierros de la placa de contrapiso para también traslaparse con los pelos sobrantes del muro de poliuretano.

Después de haber instalado los hierros de la placa de contrapiso y haber traslapado los pelos del muro con la bandeja de la malla inferior, se comienza con el montaje de los muros prefabricados en el segundo piso de la misma manera, ensamblándolos unos con otros y traslapando los pelos inferiores del muro con la bandeja superior de hierros, para después fundir las losa de entrepiso y así sucesivamente con el resto de pisos.

Los muros de poliuretano deben estar templados con tensores desde los pelos superiores del muro con los hierros inferiores de la losa antes de fundir, para asegurarse de que los muros queden bien aplomados a 90°, y después de que este fundida los tensores simplemente se cortan.

Figura 76: instalación de los muros de poliuretano



Fuente: Propia

Capítulo 9 - Creación de empresa y plan de negocios

Finalizando el desarrollo del proyecto de los muros estructurales de poliuretano comenzamos a mentalizarnos en generar una empresa, para empezar a comercializar el proyecto de la innovación de los muros prefabricados, por esta razón generamos un logo una serie de investigaciones sobre el mercado actual en la construcción, analizando la oferta del producto y la demanda. El mercado potencial del producto, la forma de venderlo, los competidores directos, y los compradores.

Tomamos el riesgo de revolucionar en la industria de la arquitectura, por eso queremos dar a conocer nuestro producto por medio de una propuesta de logotipo minimalista y funcional adaptándose fácilmente a diferentes plataformas y aplicaciones en un futuro. Esta elaborado con figuras geométricas que enmarcan estructuras resistentes, capaz de transmitir confianza, seguridad y credibilidad a próximos clientes. teniendo dos letras significativas dentro del diseño de la propuesta, la primera en la “e” que representa la materia prima y el producto elaborado, la segunda es la letra “a” que es adaptabilidad, alcance y una combinación de innovación, tecnología y diseño desarrollado con el fin de mejorar trascender en el mercado.

Figura 77: Logotipo ESPUAFAR



Fuente: Propia

- ¿Quiénes somos?

ESPUAFAR es una unidad de negocio del grupo industrial, que ofrece soluciones constructivas a través del uso y la transformación del poliuretano, para el sector de la construcción. En nuestro portafolio de productos y servicios de arquitectura damos solución a las tradicionales construcciones, tratando de conformarlas monólicamente, dirigidas sobre principios fundamentales de la ingeniería, donde se usan muros estructurales y se implementa el uso del poliuretano para la construcción.

- ¿Qué produce la empresa?

ESPUAFAR es una empresa dedicada a la elaboración de un sistema constructivo liviano basado en paneles estructurales, conformado por una malla de acero estructural que permite ofrecer una solución innovadora y rápida al sector de la construcción.

Figura 78: Visión de producción de ESPUAFAR



Fuente: Propia

Figura 79: Visión de ESPUAFAR



Fuente: Propia

Figura 80: Visión de ESPUAFAR



Fuente: Propia

- ¿Qué clientes y cuantos?

Figura 81: importantes constructoras



Las importantes constructoras del país tanto privadas y públicas, demandan principalmente, la construcción de viviendas unifamiliares, bifamiliares, zonas empresariales, y diversos tipos de equipamientos tanto a nivel urbano como regional, o la rehabilitación de las mismas, ya que son las potencias en la producción de la construcción. En este caso, el cliente contrata los servicios de la empresa una vez que el estudio de arquitectos haya cerrado el proyecto. Los aspectos que tienen en cuenta son la calidad de los acabados, el asesoramiento que reciba del propio personal de la empresa y, principalmente, el consejo de algún amigo o conocido que haya recibido los servicios de la empresa de forma satisfactoria. Este tipo de clientes valora el precio en una menor medida.

Fuente: Propia

- ¿Facturación del primer año?

La facturación de las empresas es algo muy importante, por eso estamos seguros que en nuestro primer año de funcionamiento lograremos facturar entre 100 y 500 millones de pesos anualmente. Si nos dedicamos solo al sector privado, se deberá tener entre 11 y 30 trabajadores, para industria y servicios el tope se sube hasta los 50 empleados.

- ¿Ganancia del primer año?

Las ganancias del primer año en el margen de ganancia son de un 80% ya que se puede reutilizar cada una de las formaleas usadas y el material es reciclable así que no habría desperdicio alguno, El 20% restante se ira en herramientas adicionales y mano de obra no especializada.

- ¿Necesidad de financiación?

Inicialmente se debe obtener un financiamiento inicial bancario o de los inversionistas, debido a los altos costos de la maquinaria para el uso del poliuretano. Estimar un monto exacto es muy arriesgado especialmente porque al inicio del documento aclaro que este es un negocio que puede tener muchas variantes, las cuales a su vez tienen que ver con la cantidad y calidad de los productos que deseas proveerles a los clientes.

- Conocimientos acerca del producto/servicios:

Este negocio es ideal para personas que tengan algún tipo de experiencia y conocimiento general en temas de construcción, instalaciones eléctricas, fontanería, herrería y relacionados. No tienes que ser un experto en todo pero si tener la capacidad de brindar las soluciones adecuadas a tus clientes.

- Mis debilidades en relación al negocio

Nosotros tenemos una forma de ver la vida distinta a la que tenían en los años setenta o los ochenta. Ahora queremos tomarnos el mundo con nuestras propias manos, tenemos ideas brillantes y estamos dispuestos a asumir grandes riesgos. Sin embargo, todavía falta superar algunos temores que no dejan que sus ideas se materialicen en proyectos empresariales exitosos. Muchos dejan sus proyectos a mitad de camino y otros ni siquiera comienzan es por eso que hemos enumerado algunas debilidades.

1. Dificultad para consolidar el equipo emprendedor
2. Falta ambición de ser grande.
3. Conseguir dinero es un obstáculo mental

- Mis tareas en el negocio

Con particularidad diríamos que nuestras tareas se basan en el correcto acompañamiento de nuestros clientes para lograr generar una buena relación comercial, no obstante también debemos asegurarnos de obtener una excelente relación con el personal que trabaje para nosotros, así mismo estableciendo los medios técnicos, la organización y los recursos humanos.

- Futuras perspectivas en cuanto a tamaño del negocio:

Relacionándonos con el objetivo primordial de generar valor en la empresa tenemos una estrategia denominada gestión basada en el valor, que tiene como objetivo orientar todas y cada una de las decisiones empresariales, es por eso que pretendemos abarcar todo el sistema tradicional de muros de carga convirtiéndonos en la principal distribuidora de muros estructurales ofreciendo así una mayor eficiencia en este tipo de sistemas aportando así alternativas en construcción eficiente a bajos costos y mayor sostenibilidad.

Los productos, servicios y competencias

El negocio tiene los siguientes productos/líneas/servicios:

- 1: Muros estructurales en poliuretano rígido
- 2: Muros divisorios en poliuretano expandido
- 3: Muros estructurales para fachadas

Tabla 15: Cuadro comparativo de muros estructurales

SISTEMA	COSTO Y MANO DE OBRA	MT2 EN DIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	\$ 65.000	12 m2	Menor costo por m2, fácil de manipular, una alta rigidez, poco a fisurarse.	Preparación de materiales, colocación del ladrillo uno por uno, pañete y pintura
TABIEQUES ESTRUCTURALES	\$ 145.000	24 m2	Es un Material moldeable, rígido, con un muy buen comportamiento ante las cargas, optimo material de alta resistencia.	Fraguado y curado de los concretos (28 días), un gran peso, ofrece contaminación ambiental, grietas, fisuras, costos adicionales de los acabados, acomodación de formaletas.
ESPUAFAR MUROS EN POLIURETANO	\$ 80.000	28 m2 7 muros	Rápida instalación (4 m2 en uno), liviano, con un acabado final (color), mayor rendimiento de la mano de obra, no se fisura, ni se agrieta y además es un material térmico y termo acústico.	NO EXISTE

Fuente: Propia

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- En el desarrollo de este trabajo damos por conocido las importantes aplicaciones que tiene el poliuretano a nivel constructivo.
- Conocimos como se obtiene la espuma de aislamiento de poliuretano.
- Conocer físicamente el producto de la mezcla de los componentes (A Polioli) y (B isocianatos), quedan como resultado la espuma proyectada.
- Identificamos cuáles son los productos que en nuestro entorno contienen la mezcla de los componentes (A Polioli) y (B isocianatos) y son utilizados en la construcción.
- El uso de este producto en las diferentes áreas se hace para generar ahorro energético, térmico, económico y la utilización en aspectos constructivos.
- Se desarrolló un material capaz de superar la porosidad.
- Identificamos un poliuretano con la capacidad de resistir los 3000 PSI.
- Se comprobó que el poliuretano es un material que no pierde sus propiedades a la hora de reciclarlo.

Recomendaciones

Para comenzar con algunas recomendaciones lo primero que se debe tener en cuenta es la dosificación exacta de la mezcla del isocianato y del polioliol para poder llegar a obtener una alta densidad que así mismo nos genera una alta resistencia ya que si no se realiza bien este proceso cuidadosamente podemos llegar a obtener muy malos resultados.

Los productos pre poliméricos se suministran generalmente en base disolvente, emiten vapores inflamables y por lo tanto presentan peligro de fuego. Dichos productos tienen que guardarse alejados de fuentes de calor e ignición. Los productos libres de disolvente prácticamente no representan peligro de fuego a temperaturas ambientes normales. Aún con todo esto, todas las disoluciones de poliuretano deberán utilizarse en áreas bien ventiladas, y completamente prohibido fumar en esas áreas.

La presencia de isocianatos a niveles superiores a los límites mínimos de exposición pueden inducir dermatitis, y la inhalación puede producir problemas respiratorios. Estos síntomas a menudo desaparecen al suspender la exposición. De cualquier forma, debe evitarse la ingestión, inhalación, así como el contacto directo con la piel y lo ojos. Por esta razón es obligatorio la utilización de una buena protección industrial. Los poliuretanos en sí, no conllevan ningún riesgo, siempre que se practiquen buenas medidas de higiene industrial y personal. Por otro lado, las partículas finas de polvo, generan cargas electrostáticas, y por tanto, el pulido, cortado y otros tipos de operaciones que puedan generar polvo conviene hacerlas utilizando un equipo apropiado de extracción de polvos.

El inconveniente principal que tienen las espumas de poliuretano, es que son degradadas por los rayos ultravioletas, por lo cual no pueden quedar expuestas a la radiación solar, debiendo ser protegidas por algún tipo de envoltente.

Para los país que tienen estaciones climáticas habría un segundo inconveniente y es que para que se produzca una buena reacción es necesario que la mezcla a aplicar tenga una temperatura mínima de 10°C, lo que en algunos países cuando están en invierno no es posible por ese lado en Colombia no tendríamos este tipo de problemas.

Bibliografía

Vigil, M., Pastoriza, Alejandra y Fernández, I. (s.f) *Los plásticos como materiales de construcción*. Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia

Randall, D. y Lee, S. (1987) *The Polyurethanes book*: Ed JOHN WILEY & SONS, LTD

Pérez, J.C. (2006) *Estudio de Poliuretanos*. (Tesis de ing. Químico). Universidad de Valladolid. Asignatura de química y tecnología de macromoléculas, Valladolid, España.

NSR-10., (2010) *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente*, 2ª ed., Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS, 2010.

Pedrerros, J., (diciembre de 2008). *Alta calidad en aislación térmica con Espuma de Poliuretano*: Ed. EMB, Santiago de Chile.

Paneiva, J., (2006). *El porqué de las manchas*: ed. Rio negro SA, Rio negro, Neuquén y Patagonia, Argentina.

Ministerio de Educación., (2008). *Manual de instalaciones sanitarias agua y desagüe*: cap1. 1ª ed. Abril, Perú.

Muñoz, H., (2012). *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. Colombia: Diaco S.A.

Mariano. (Jueves, 23 de junio de 2011) *Tecnología de los plásticos un blog dedicados a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*.