



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

# **“HUMEDAD PROVENIENTE DEL SUELO EN EDIFICACIONES”**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
JUAN PABLO FERNÁNDEZ CUROTTO

PROFESOR GUÍA:  
MIGUEL BUSTAMANTE SEPÚLVEDA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GABRIEL RODRÍGUEZ JAQUE  
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ

SANTIAGO CHILE  
OCTUBRE 2008

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL  
POR: JUAN PABLO FERNÁNDEZ C.  
FECHA: OCTUBRE 2008  
PROF. GUÍA: MIGUEL BUSTAMANTE S.

## “HUMEDAD DEL SUELO EN EDIFICACIONES”

El presente trabajo de título tiene como finalidad estudiar los problemas que genera la humedad del suelo en viviendas de albañilería y hormigón armado que se construyen en la provincia de Santiago.

La humedad proveniente del suelo daña en forma importante las construcciones de albañilería y de hormigón armado ya que ambos materiales, dada su textura, absorben fluidos a través de vacíos de pequeño diámetro que quedan en el interior de los elementos constructivos. Esta característica permite el ascenso del agua a través de fundaciones, cimientos, sobrecimientos o muros que quedan en contacto directo con suelos húmedos, causando graves problemas de habitabilidad en las edificaciones.

Si bien se reconoce que éste es un problema habitual en las viviendas de Santiago, no existen investigaciones o estudios formales que entreguen cifras específicas acerca de la cantidad de viviendas y, en consecuencia, de personas afectadas por este crítico problema. Teniendo en cuenta este vacío de información, en el presente trabajo se incluye una encuesta realizada, durante el proceso de investigación, en las 32 comunas que conforman la provincia de Santiago. Dicha encuesta se realizó en base a una muestra probabilística estratificada, que permite afirmar que los datos obtenidos son aplicables a toda la provincia.

Los resultados de la encuesta confirman que los problemas de humedad proveniente del suelo afectan a cuatro de cada diez viviendas. Esta situación se atribuye a la escasa práctica y utilización de las medidas preventivas y a la baja efectividad de las soluciones paliativas existentes. Lo que perjudica no sólo la habitabilidad y estética de las viviendas, sino también la higiene y salud de los usuarios.

Del análisis de las soluciones se concluye cuáles son las que brindan una mayor eficiencia y por lo tanto, las que debieran ser utilizadas para eliminar, o en su defecto, aminorar los daños producidos por esta causa. Se concluye además, que los problemas de humedad provenientes del suelo generan graves inconvenientes en la habitabilidad de las viviendas, realidad que determina la necesidad de crear conciencia en los profesionales para que asuman la responsabilidad de tomar medidas necesarias para erradicar el problema, comprendiendo que el gasto inicial es una importante inversión para mejorar la calidad de vida de los usuarios, quienes generalmente adquieren con mucho esfuerzo la vivienda confiando que ésta cumplirá con los requisitos básicos de serviciabilidad y confort, y por ende, libre de esta patología o enfermedad.

## **Agradecimientos**

En primer lugar me gustaría agradecer a mis padres por darme la oportunidad de seguir una carrera profesional y haberme apoyado durante toda mi formación desde la enseñanza básica hasta la actualidad.

Gracias a mis hermanas y a mi polola por estar siempre a mi lado, cada vez que las he necesitado.

Un especial agradecimiento a la colaboración de Macarena y Paola, sin su ayuda esta tesis no habría sido posible.

Agradezco también el tiempo que dedicaron los profesores Sr. Miguel Bustamante S. y Sr. Gabriel Rodríguez J. en atender mis consultas, ayudarme y guiarme en el desarrollo de este trabajo.

Por último muchas gracias a todos los que tuvieron la buena voluntad de participar la encuesta presente en esta memoria ya que sus respuestas fueron de gran utilidad.

# Índice

<b>Capítulo 1: Introducción. ....</b>	<b>06</b>
1.1 Generalidades	06
1.2 Motivación.	06
1.3 Objetivo general.	07
<b>Capítulo 2: Fuentes de humedad en la vivienda. ....</b>	<b>08</b>
2.1 Generalidades.	08
2.2 Humedad de construcción.	09
2.3 Humedad de condensación.	10
2.4 Humedad de lluvia.	11
2.5 Humedad accidental.	13
<b>Capítulo 3: Humedad proveniente del suelo. ....</b>	<b>14</b>
3.1 Tensión superficial y capilaridad.	14
3.2 Características de la humedad proveniente del suelo.	17
3.3 Daños provocados por la humedad proveniente del suelo.	18
3.4 Instrumentos para medir la humedad de muros y radieres.	24
3.4.1 Medidor Moist 200.	26
3.4.2 Medidores T600 y T650.	28
<b>Capítulo 4: Validación del problema. ....</b>	<b>30</b>
4.1 Determinación de la población.	30
4.2 Tamaño de la muestra.	31
4.3 La encuesta.	33
4.4 Resultados.	33

**Capítulo 5: Presentación y análisis de soluciones. .... 35**

5.1	Medidas preventivas.	35
5.1.1	No construir.	36
5.1.2	Láminas o membranas impermeables.	36
5.1.3	Barreras anticapilares.	54
5.1.4	Materiales hidrófugos.	55
5.1.5	Revestimientos impermeables.	60
5.2	Medidas Correctivas.	78
5.2.1	Drenaje.	78
5.2.2	Juntas impermeables.	81
5.2.3	Método electro-osmótico.	83
5.2.4	Cámaras de aire exteriores.	86
5.2.5	Inyecciones.	87
5.2.6	Sifones de Knapen.	90
5.2.7	Cámaras de aire interior.	91

**Capítulo 6: Conclusiones y comentarios..... 94**

**Capítulo 7: Bibliografía. .... 97**

7.1	Libros y documentos.	97
7.2	Comunicación personal.	98
7.3	Recursos de internet.	98

**Anexo 1. Encuesta de validación del problema. .... 100**

# **Capítulo1: Introducción.**

## **1.1 Generalidades**

En el presente trabajo de título se estudiará el problema de la humedad proveniente del suelo que asciende por capilaridad a través de los elementos en contacto directo con el suelo. Dicho fenómeno se puede presentar en cualquier tipo de edificación, y a través de este estudio se logrará identificar cuándo la humedad es causada específicamente por este efecto y se analizarán las soluciones disponibles en el mercado para determinar cuáles son las más efectivas.

## **1.2 Motivación.**

Capilaridad es la cualidad que posee un material de absorber un fluido, característica que posibilita el ascenso de, en particular, el agua presente en el suelo a través de los elementos constructivos. En el caso de un tubo delgado, éste es capaz de succionar un líquido en contra de la fuerza de gravedad cuando las fuerzas intermoleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son más fuertes que las fuerzas intermoleculares cohesivas dentro del líquido mismo. Este efecto causa que materiales porosos absorban líquidos.

Este trabajo de título se centrará en dos de los materiales de construcción más utilizados en el país: el hormigón y la albañilería, los cuales están propensos a sufrir el efecto de la capilaridad debido al apozamiento de agua o a un nivel freático superficial.

Dicho lo anterior se deduce que este tipo de humedad se presenta principalmente en muros que están en contacto directo con el suelo o con el radier de la vivienda, ya que la humedad proveniente del subsuelo sube por los poros y capilares hasta un cierto nivel para finalmente evaporarse hacia la atmósfera.

El agua que sube por el muro contiene sales disueltas. Al producirse la evaporación del fluido, dichas sales cristalizan y se van depositando en la superficie dañando las terminaciones de los muros.

Existen dos formas de enfrentar este problema. Una previniendo, es decir, que en el momento en que se realiza la construcción se tomen las medidas necesarias para evitar que se presente humedad por ascensión capilar. La otra se presenta cuando no se llevó a cabo el proceso de prevención o éste fue insuficiente y, por consiguiente, surge el problema de humedad. En esta situación, lo que se necesita es una solución correctiva con la que se logra enmendar de la mejor manera posible los daños producidos y evitar que el problema siga propagándose.

Cabe destacar que la realización de este estudio es de gran importancia, teniendo en cuenta que los problemas provocados por la humedad pueden destruir las terminaciones de los elementos afectados, lo que genera un problema monetario ya que el dinero invertido en este ítem es bastante elevado en un proyecto de construcción.

Por otra parte es importante tratar este tema ya que, por lo general, los problemas de humedad no son plenamente considerados al momento de construir una vivienda lo que claramente perjudica al usuario ya que estos inconvenientes aparecen con el paso del tiempo y no en forma inmediata, por lo que una construcción que en un principio puede visualizarse sin problemas, al cabo de un periodo de tiempo puede presentar graves daños los que perjudican la habitabilidad y el confort del inmueble.

### **1.3 Objetivo general.**

Mejorar las condiciones de serviciabilidad de las edificaciones, previniendo el problema de humedad por ascensión capilar o corrigiéndolo si es que ya se ha presentado. Por otra parte, crear conciencia que los problemas provocados por la humedad proveniente del suelo existen en un gran número de viviendas y que la única forma de evitar que siga expandiéndose es tomando las medidas preventivas imprescindibles al momento de construir.

## **Capítulo 2: Fuentes de humedad en la vivienda.**

### **2.1 Generalidades.**

Por definición, humedad es agua que está impregnando un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire. Dada esta definición (por la RAE) es claro que en una vivienda, como en todas partes, siempre existe un grado de humedad ya que se puede encontrar agua en los cuerpos, en los materiales de construcción, en el aire, en el suelo, etc.

El problema se produce cuando la humedad se presenta en exceso y no se han tomado las precauciones necesarias teniendo en cuenta las distintas fuentes de humedad que se pueden encontrar en una vivienda.

De acuerdo a su naturaleza, la humedad puede clasificarse en los siguientes tipos:

- a.- Humedad de construcción.
- b.- Humedad de condensación.
- c.- Humedad de lluvia.
- d.- Humedad accidental.
- e.- Humedad proveniente del suelo o por ascensión capilar.

## 2.2 Humedad de construcción.

Este tipo de humedad es el que se produce en toda construcción a base de agua, tal como ocurre en Chile tanto con la albañilería como con el hormigón.

Dado que hoy en día el tiempo es uno de los factores principales que rigen la construcción no hay tiempo para dejar secar las construcciones, como debería hacerse, ya que tan pronto se termina la obra gruesa es necesario comenzar con las terminaciones.

Los elementos construidos poseen agua. La forma de lograr un equilibrio y que no se produzcan problemas de humedad por esta causa es a través de la evaporación pero, al no dar un tiempo de secado razonable a los elementos construidos, éstos retienen el agua lo que trae como consecuencia la posterior aparición de manchas en los muros, desprendimientos de pintura o papel mural, mohos, eflorescencias, etc.

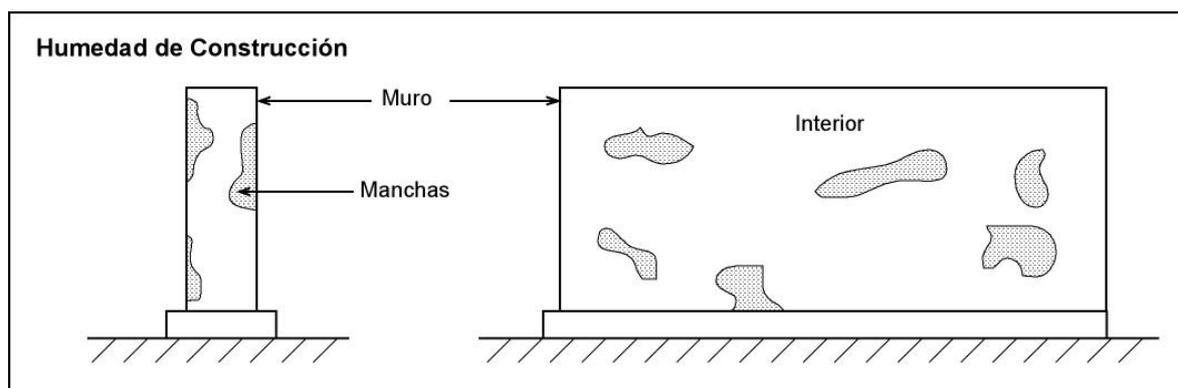


Figura1. Humedad de construcción.

Tal como se ve en la figura 1, este tipo de humedad se presenta en forma de manchas en cualquier parte de la superficie del muro. Esto se explica en que las manchas sólo aparecen en los sectores que no han alcanzado a secarse, lo que depende de factores aleatorios, lo que hace que cualquier parte del muro sea susceptible a este problema, tanto por el interior como por el exterior de la vivienda.

Un elemento puede considerarse seco cuando no se producen intercambios de humedad considerables entre él y el medio ambiente. Para que esto ocurra inciden factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa del aire, la velocidad del viento y otros como la porosidad del material, el ancho del elemento, etcétera.

Sólo como una forma estimativa y/o comparativa del tiempo que demora en secarse un elemento, puede utilizarse la fórmula de Cardiegues<sup>1</sup> que relaciona el tiempo de secado con el espesor de un elemento a través de un coeficiente característico que depende del material utilizado en la construcción.

Como una alternativa al secado natural en una obra, considerando que el tiempo disponible habitualmente es menor que el requerido para que esto , se puede recurrir a acelerar el secado a través del uso de ventiladores que aumentan las corrientes de aire mejorando la ventilación o a través de estufas que entreguen calor seco a los elementos. También se recomienda controlar la humedad de los materiales a utilizar en la obra, por ejemplo protegiéndolos de posibles precipitaciones. Esto resulta necesario sobre todo en épocas de menor calor y mayor humedad, y con mayor razón en muros orientados al sur donde los rayos de sol son prácticamente nulos.

### **2.3 Humedad de condensación.**

Este tipo de humedad se produce cuando el agua contenida en el aire en forma de vapor de agua, licúa y se acumula en los elementos más fríos de una vivienda.

Humedad absoluta es la cantidad de agua que contiene el aire (medida en  $[gr/m^3]$ ) y solamente depende de la temperatura. Por otra parte, la humedad relativa del aire puede variar de acuerdo a la temperatura que se presente. El aire es capaz de acumular agua (en forma de vapor) hasta alcanzar la saturación. Es en este punto cuando se habla de 100% de humedad relativa del aire y es entonces cuando se presenta la condensación. No por esto puede suponerse que se debiera tener un ambiente, dentro de la vivienda, con una humedad relativa del aire de 0% ya que el hombre no puede prescindir de cierta humedad relativa en la atmósfera que lo rodea. Una humedad relativa necesaria para mantener el confort de una habitación debe fluctuar entre un 40% y un 60%.

Este ambiente de confort puede verse alterado por diversas fuentes productoras de vapor como es la calefacción (si es que no posee dispositivos de expulsión de gases al exterior), la transpiración de plantas y personas así como también por condiciones constructivas como la alta transmitancia térmica de ventanas o los puentes térmicos.

---

<sup>1</sup> CI57A apuntes Física de la Construcción por Gabriel Rodríguez J.

Dado que las bajas temperaturas favorecen este tipo de humedad, ésta se presenta en forma estacional, preferentemente en invierno y en ambientes húmedos como cocinas, baños, lavaderos o lugares mal ventilados.

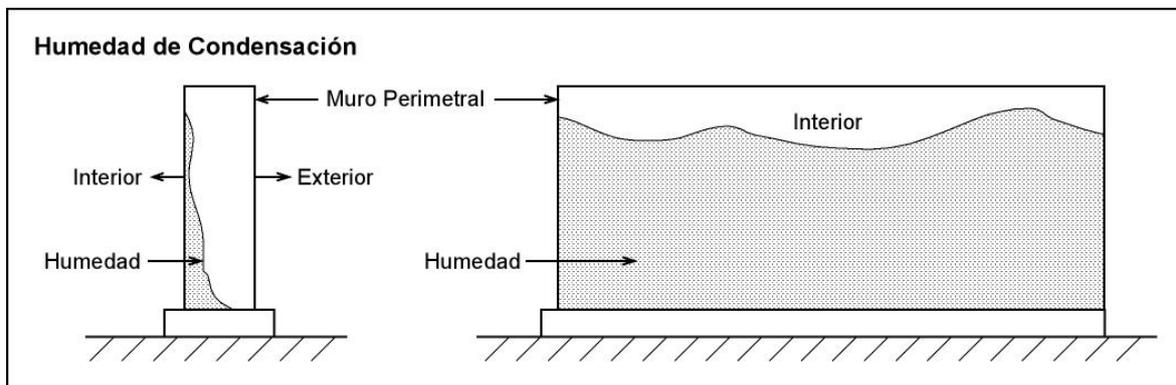


Figura2. Humedad por condensación.

Esta humedad aparece en los muros perimetrales ya que éstos presentan las temperaturas más bajas, lo que favorece la condensación. Dado que la condensación se produce al interior del hogar la parte más afectada del muro es la interior tal como lo muestra la figura 2,

Las formas más eficaces para disminuir los efectos de la condensación son, mejorar el aislamiento tanto en muros como en cielos, disminuir la generación de vapor al interior de la vivienda y aumentar el número de renovaciones de aire (intercambio de aire viciado por aire fresco).

## 2.4 Humedad de lluvia.

La lluvia es un fenómeno climático que se produce sobretodo en los meses de mayor frío durante el año. El alcance que tenga una lluvia sobre los muros de una construcción depende de varios factores que no se pueden prever con exactitud al momento de realizar la construcción de una vivienda, como la intensidad y el ángulo de la lluvia y la intensidad y la dirección del viento.

Esto hace que toda edificación sea susceptible a presentar problemas de humedad al momento de presentarse los meses de mayor lluvia si no se toman las medidas adecuadas como impermeabilizar muros exteriores, proteger los muros mediante aleros apropiados y

establecer un buen sistema de canales y bajadas de agua. También es necesario controlar la existencia de grietas en muros exteriores ya que éstas facilitan la absorción de agua.

Cuando la lluvia impacta contra un muro, el agua penetra y se propaga en su interior, ya sea un muro de hormigón o de ladrillo, a través de los poros y las grietas del material.

El agua se introduce y avanza a través del espesor del muro. Si la presión del viento y de la lluvia fuesen constantes podría esperarse un avance, del frente de humedad, paralelo al muro. Dado que esto no ocurre y junto a que la presión hidrostática del agua presente en el interior del muro varía de acuerdo a la altura, se tiene un frente húmedo diagonal, con un mayor espesor en la parte baja del muro, que disminuye con la altura.

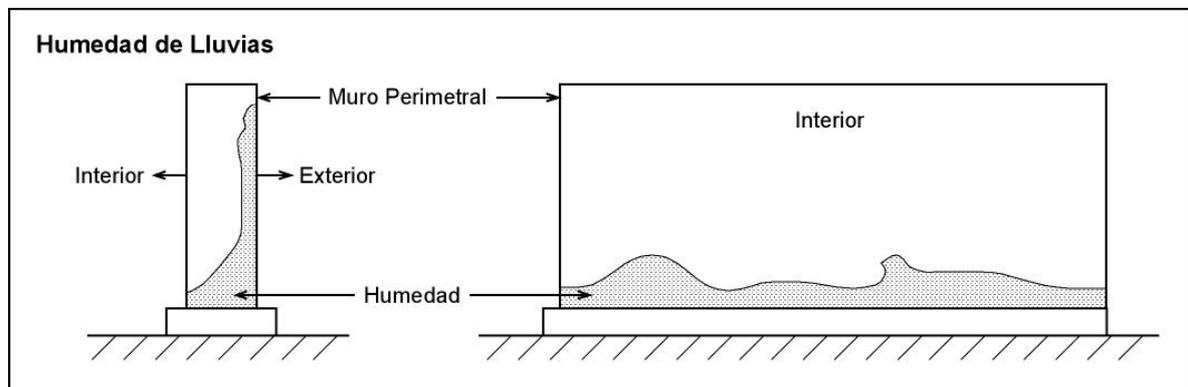


Figura 3. Humedad de lluvia.

Dado que la lluvia impacta por la superficie externa del muro y penetra hacia el interior de la vivienda, es esa superficie del muro la más afectada por este tipo de humedad haciendo que en el interior de la edificación sólo se aprecien algunas manchas en la parte baja del muro (figura 3).

Dentro de las soluciones para este tipo de humedad, lo más recomendable es un buen diseño de aleros para proteger de buena manera los muros perimetrales de la casa. Si el efecto del viento es considerable, es recomendable utilizar algún tipo de revestimiento para los muros exteriores para brindar una mayor protección.

## 2.5 Humedad accidental.

Este tipo de humedad no se produce ni por condiciones climáticas ni por fallas constructivas, sino que tal como lo indica su nombre por accidentes.

Este problema se presenta cuando, por ejemplo, se rompe una cañería. Este es un problema de fácil solución ya que sólo hay que cambiar la cañería rota. Pero puede volverse un problema mayor si no se encuentra el lugar donde se produjo el rompimiento, lo que puede implicar que haya que romper pisos o muros en busca de la fuga. El tiempo que transcurre hasta identificar la pérdida, es el tiempo que el agua se alcanza a apozar lo que puede provocar humedad excesiva si no se cuenta con la aislación adecuada (figura 4).

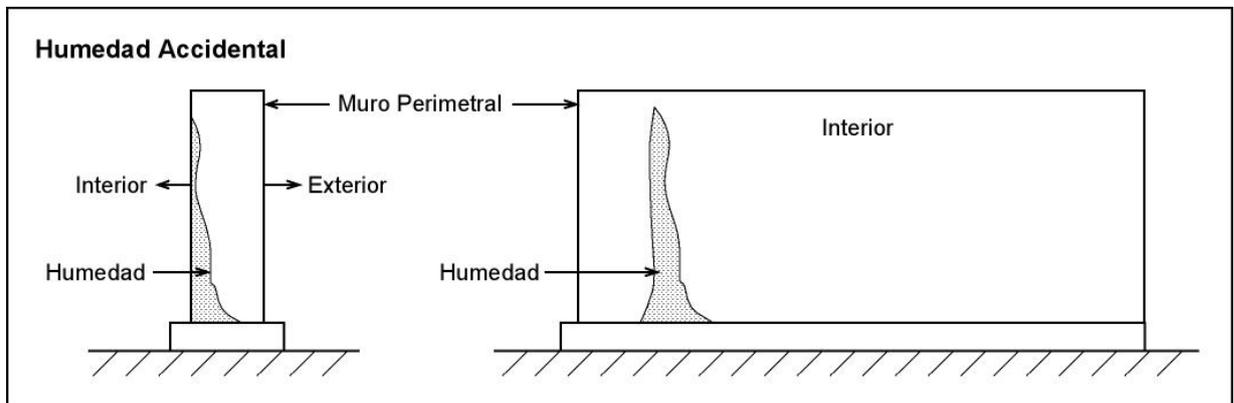


Figura 4. Humedad accidental.

## Capítulo 3: Humedad proveniente del suelo.

### 3.1 Tensión superficial y capilaridad.

La humedad presente en el suelo, invade las construcciones ascendiendo por capilaridad a través de los espacios que quedan en el interior de los elementos. A continuación se explica la teoría que rige este fenómeno.

Los efectos aparentes de tensión que ocurren en las superficies de los líquidos, cuando éstas están en contacto con otro líquido o con un sólido, dependen básicamente de las fuerzas de cohesión y adhesión. Estas fuerzas pueden ser despreciables en muchos problemas de ingeniería pero en casos como el que se estudia en esta memoria cobran mucha relevancia.

De acuerdo a la ley de gravedad se esperaría que un líquido en reposo dentro de un tubo presentara una isóbara horizontal. Esto no ocurre si es que el tubo es de diámetro suficientemente pequeño (capilar) ya que el nivel del fluido aumenta en las zonas de contacto con el sólido si las fuerzas de adhesión superan a las de cohesión, o disminuye, en caso contrario.

Un claro ejemplo de lo anterior se visualiza cuando se compara el comportamiento de dos fluidos, el agua y el mercurio, al sumergir un tubo capilar en ellos.

El fluido forma un menisco en la parte superior del tubo. Dependiendo de qué líquido se trate, se obtiene un menisco cóncavo (mercurio) o uno convexo (agua). El ángulo que forma la tangente al menisco con la pared del capilar se conoce como  $\theta$  ángulo de contacto y varía para cada fluido. En aquellos donde las fuerzas de cohesión superan a las de adhesión se cumple  $\theta < 90^\circ$  y por el contrario en los que las fuerzas de adhesión superan a las de cohesión se cumple  $\theta > 90^\circ$ .

Llamando  $\sigma$  a la tensión superficial del líquido al interior del tubo de radio  $r$ , se tiene que la fuerza ejercida por ella en el contorno del tubo es  $2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma$ . La proyección vertical de esta fuerza se obtiene utilizando el ángulo  $\theta$  y su valor es  $2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)$ . Ésta es la fuerza responsable de elevar o disminuir el nivel del fluido dentro del tubo (figura 5).

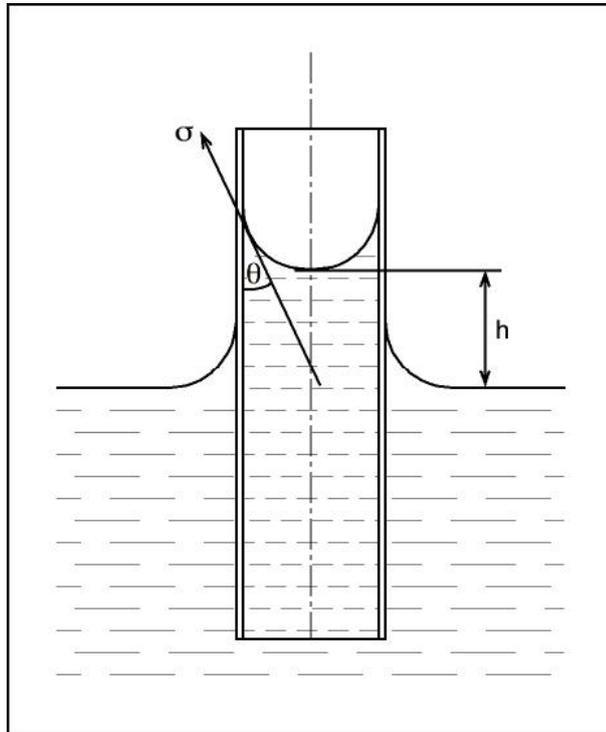


Figura 5. Ascensión de agua en un tubo capilar.

Realizando un equilibrio de fuerzas se aprecia que la otra fuerza que actúa en este escenario es el peso de la columna de líquido.

Sea  $\rho$  la densidad del fluido y  $h$  la altura de la columna de agua formada dentro del tubo, la masa de agua desplazada es  $\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho$ . Una vez obtenida la masa, sólo hace falta multiplicarla por la aceleración de gravedad,  $g$ , para obtener la fuerza con que dicha columna es atraída por el centro de la Tierra, es decir el peso de la columna de fluido es  $\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g$ .

En el equilibrio, se iguala la fuerza de gravedad con la fuerza producida por la tensión superficial. De todas las variables consideradas en este análisis la única desconocida, tomando como dato las relacionadas con el líquido, es la altura de la columna de fluido. Para encontrar su valor se plantea la siguiente ecuación

$$\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)$$

Ec.1

Despejando h de la ecuación 1 se obtiene que su valor es el siguiente

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)}{r \cdot \rho \cdot g} \quad \text{Ec.2}$$

En esta tesis lo que se busca es estudiar el fenómeno de ascenso de agua a través de los capilares de los materiales. Es por esto que se pueden reemplazar algunas variables de la ecuación 2 por valores conocidos para el agua.

Para este caso, el ángulo de contacto es despreciable por lo que no es incorrecto plantear que  $\cos(\theta) = 1$ .

Suponiendo una temperatura entre  $10^\circ$  y  $20^\circ$ , se ha estudiado que la tensión superficial del agua es  $73 \cdot 10^{-3} [\text{N/m}]$ .

Por último, la densidad del agua y la aceleración de gravedad también son datos del problema y se tiene que  $\rho \cdot g = 9.8 \cdot 10^3 [\text{N/m}^3]$ .

Reemplazando los valores antes mencionados en la ecuación 2 se obtiene una expresión que relaciona altura del nivel de agua con el radio del capilar. Dicha fórmula se muestra a continuación.

$$h = \frac{15 \cdot 10^{-6} [m^2]}{r [m]} \quad \text{Ec.3}$$

De la ecuación 3 se desprende que mientras menor sea el diámetro del capilar, mayor será la ascensión del agua a través de él.

Teniendo en cuenta que los capilares de los materiales utilizados en la construcción son del orden de  $0.1 \cdot 10^{-3} \text{m}$ , teóricamente puede esperarse una ascensión de agua en los muros de 0.3m por sobre el nivel del suelo. Este número es sólo teórico y hay que tener en cuenta que en la altura que alcanza el agua interfieren otros factores como la consolidación del material, para el caso del hormigón o el tipo de mortero utilizado para armar la albañilería. En la práctica se

aprecian ascensiones bastante parejas del orden de los 0.6m, habiendo casos extremos donde los niveles del agua han alcanzado a superar incluso los dos metros de altura.

### 3.2 Características de la humedad proveniente del suelo.

El equilibrio hídrico de un muro se efectúa si en él entra por su base tanta agua como la que se evapora por sus caras.

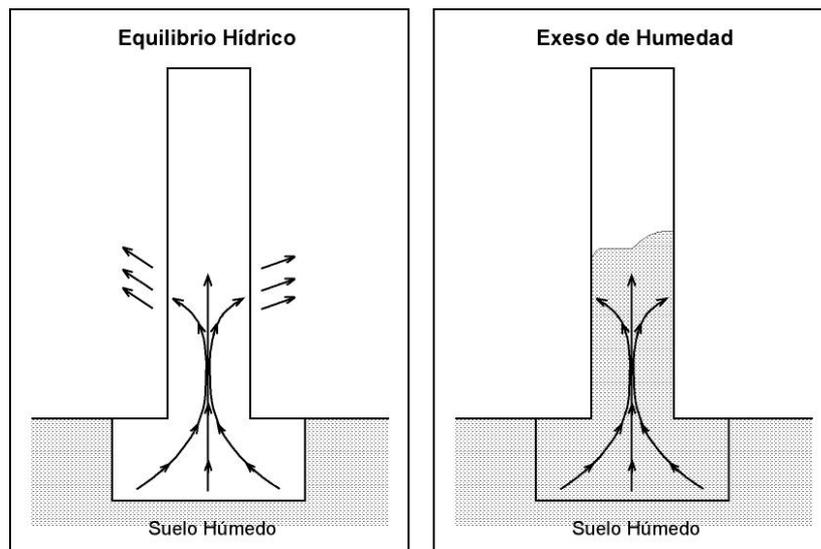


Figura 6. Equilibrio hídrico.

Mientras menor sea el diámetro de los capilares del muro mayor será la ascensión del agua a través de él, apreciándose en algunos casos altura de hasta 2.5m. Estos ascensos de agua se producen en forma relativamente constante en el sentido horizontal del muro y debido a su procedencia, este tipo de humedad afecta principalmente a muros de sótanos y primeros pisos ya que es necesario que los elementos estén en contacto directo con el suelo húmedo para que se produzca el traspaso de agua.

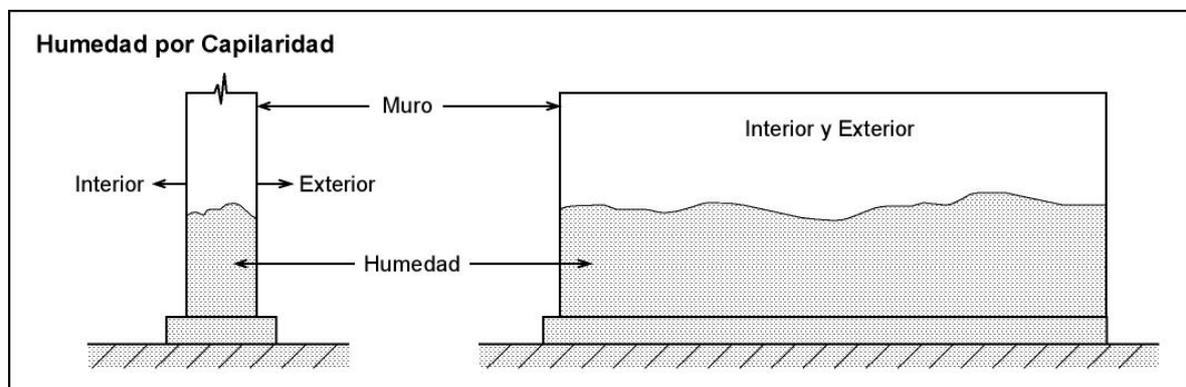


Figura7. Humedad por capilaridad.

En la figura 7 se aprecia como el muro ve afectadas sus dos caras, tanto la del interior de la vivienda como la del exterior dado que el agua proviene del suelo y asciende en forma relativamente constante a través del eje horizontal del muro.

Dado que el nivel freático no varía notoriamente en pocos metros, otra característica de este tipo de humedad es que afecta por igual a viviendas vecinas siempre y cuando éstas hayan sido construidas con los mismos materiales, ya que distintos materiales poseen diámetros capilares distintos por lo que uno podría verse afectado mientras otro no.

Tomando en cuenta las condiciones geográficas, se sabe que las construcciones orientadas hacia el Sur son las que reciben menor cantidad de calor solar y las expuestas hacia el Norte son las que reciben más calor proveniente del sol. Es por esto que las máximas alturas alcanzadas por la ascensión del agua se presentan en las construcciones orientadas hacia el Sur ya que la evaporación de agua es menor que en las otras orientaciones, lo que facilita su acumulación.

### **3.3 Daños provocados por la humedad proveniente del suelo.**

Como se ha dicho, los principales daños que produce la humedad del suelo que asciende por capilaridad se aprecian a nivel de terminaciones lo que produce elevados gastos considerando que es en este ítem donde se invierte la mayor cantidad de dinero en una vivienda. No obstante los daños también se pueden apreciar tanto a nivel de elementos constructivos y estructurales como en la variación negativa del confort que se produce al interior de una vivienda debido al exceso de humedad.

Entre los daños a las terminaciones más recurrentes se encuentran los siguientes:

- Eflorescencias. Son manchas, generalmente blancas, que aparecen frecuentemente en las superficies de los muros afectados por humedad. Este problema se ve claramente en la siguiente imagen.



Figura 8. Eflorescencias.

Las causantes de estas manchas son la presencia de humedad y las sales solubles que contienen los materiales y que arrastra el agua desde el suelo de donde proviene. El agua disuelve las sales y las arrastra consigo a través del muro. Al evaporarse el agua, las sales, en su mayoría nitratos, sulfatos de calcio y magnesio y carbonatos, cristalizan y se depositan en la superficie del muro.

Los sectores más afectados por este tipo de problema son aquellos que poseen agua “dura”, es decir, con alto contenido de iones de calcio y magnesio debido a que el agua empleada en riego de jardines o utilizada durante la construcción, incrementa la carga de sales que poseen los materiales.

- Criptoflorescencias. Consisten en el desprendimiento de la superficie de piedras, degradación de la superficie visible de ladrillos y morteros, y en las obras que utilizan revestimiento tales como enchape, el desprendimiento total o parcial de éste.

Se puede reconocer fácilmente un problema provocado por criptoflorescencias ya que bajo la superficie descascarada se aprecian residuos de sales en forma de eflorescencias. Este

tipo de problema se atribuye principalmente a la humedad proveniente del suelo ya que se ha visto que en la mayoría de los casos afecta a sectores bajos de muros en contacto con el terreno, alcanzando como máximo alturas de 0.8m.

En la siguiente imagen se muestra lo destructivas que pueden llegar a ser las criptoflorescencias.

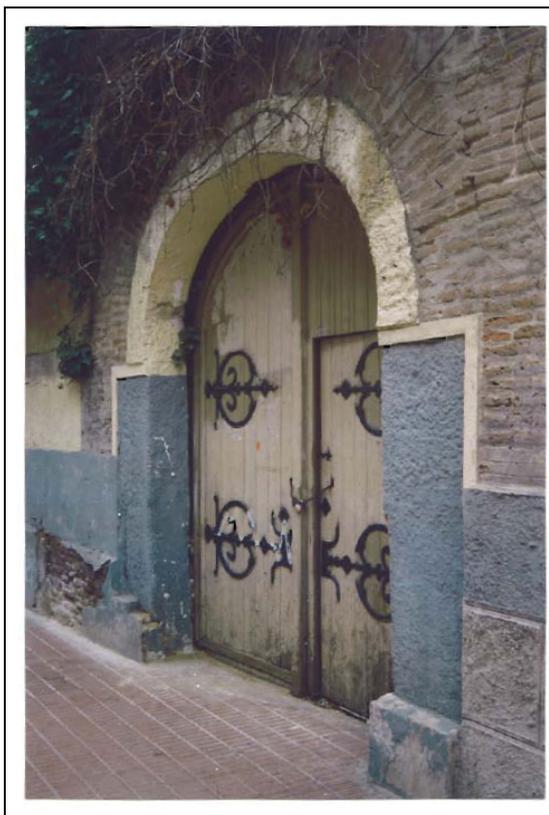


Figura 9. Criptoflorescencias.

Las criptoflorescencias son eflorescencias que, en lugar de desarrollarse en la superficie de los muros, se desarrollan en el interior del elemento por lo que suelen ser más destructivas ya que sólo se nota su efecto una vez que se ha producido desprendimiento de material lo que, claramente es más perjudicial que el ataque de las eflorescencias.

- Hongos y mohos. Los mohos y las fungosidades son microorganismos simples y parasitarios cuya fuente de nutrición forma capas y revestimientos de colores blancos, verdes y negros.

Estos microorganismos generan una gran cantidad de gases lo que provoca, en lugares poco ventilados como detrás de estantes o sillones, el característico “olor a humedad”.



Figura 10. Hongos y moho generados detrás de un sofá.

En la parte superior de la figura 10 se observa el cemento mojado. Mientras en la parte interior del muro y detrás de un sofá se produjo un crecimiento descontrolado de hongos y mohos.

Su alimento es fundamentalmente en base a nutrientes orgánicos. Sin embargo, es posible encontrarlos también en superficies inertes ya que en el ambiente existe suficiente polvo orgánico como para ser utilizado de nutriente. Otro factor fundamental para la aparición de hongos y mohos, además de los nutrientes, es la temperatura, que debe situarse entre 15° y 25°, y por supuesto la presencia de humedad.

- Putrefacción de terminaciones de madera. Dado que la humedad por capilaridad es un problema que ataca desde el suelo, afecta directamente a los elementos de madera que generalmente se encuentran en contacto directo con el piso de la vivienda. Entre estos elementos se encuentran los guardapolvos, los marcos de puertas y de ventanas y las terminaciones de pisos.

Al tratarse de elementos de madera, un exceso continuo de humedad, provoca daños irreparables ya que la madera entra en proceso de putrefacción perdiendo muchas de sus cualidades como la estética, ya que elementos putrefactos no son aceptables para seguir siendo utilizados en una vivienda.

- Daños provocados a elementos constructivos. Se encuentran principalmente los problemas presentados por los enyesados de los muros. Al haber exceso de humedad el yeso

absorbe una mayor cantidad de agua de la necesaria por lo que deja de actuar de la forma deseada y se puede reblandecer. Su deterioro puede llevar incluso a desprendimientos de pedazos de revestimientos de yeso.

En la siguiente imagen se aprecian daños provocados a un elemento de yeso cartón.



Figura 11. Daño a elemento de yeso cartón.

Otro tipo de revestimiento que puede verse afectado por la humedad son los morteros. La explicación es similar a la anterior ya que lo que se produce es un exceso de absorción de agua por parte del mortero lo que puede provocar un desprendimiento de parte del recubrimiento.

Por otra parte si la humedad alcanza elementos como planchas de yeso cartón que no son adecuadas para resistir humedades (como sí lo están las planchas que deben ser utilizadas en baños), éstas pueden absorber la humedad, inflarse y perder su forma original afectando plenamente la estética y la higiene del lugar.

Si elementos de madera se ven afectados por este problema, se puede esperar que ocurra un inconveniente de alabeo como también cambios de dimensiones de los elementos afectando por ejemplo al cierre de las puertas.

Si los elementos que se ven afectados por humedad son metálicos se pueden corroer. Dado que se trata de humedad por capilaridad este daño no es menor ya que el agua proveniente del suelo arrastra sales minerales que agravan este problema ya que reaccionan químicamente con los elementos metálicos aumentando su deterioro.

Un elemento metálico atacado por humedad se ve como muestra la figura 12.

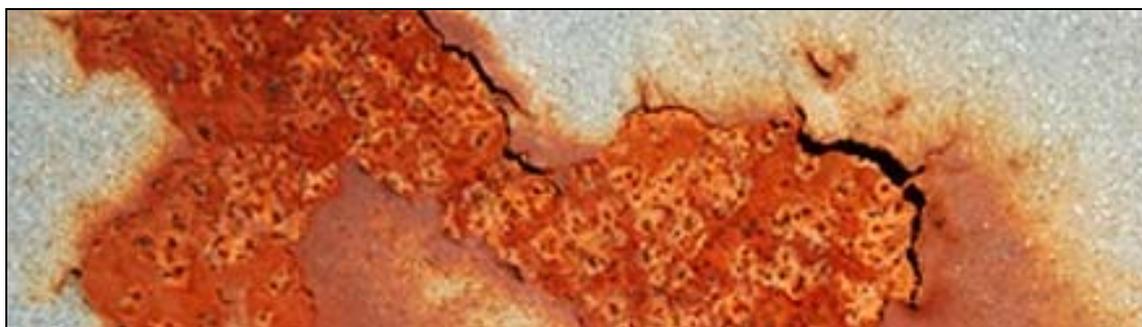


Figura 12. Elemento metálico corroído por humedad.

- Variación negativa del confort. Por último, pero no por eso menos importante, entre los daños provocados por la humedad, se encuentra el deterioro del confort dentro de la vivienda.

El confort engloba las relaciones entre la temperatura del aire, la temperatura de los elementos verticales y horizontales, la humedad relativa del aire y la velocidad de éste, entre otros. Esto hace que las personas se sientan cómodas, en equilibrio físico y psíquico con el medioambiente. Es por esto que las condiciones higiénicas de una vivienda forman parte importante en estas relaciones.

La temperatura de confort se estima en  $20^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ . Es la temperatura ambiente a la cual una persona puede estar sin sentir ni frío ni calor. Dicha temperatura puede ser mayor o menor de acuerdo si el individuo puede o no vestir ropa más abrigada o desabrigada según sea la ocasión. Se ha visto que una persona puede estar en un ambiente de hasta  $28^{\circ}\text{C}$  sin sentir agobio, pero cuando se habla de confort se esperan condiciones normales de vestimenta y estado de las personas determinándose la temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  como temperatura de confort.

La humedad de confort se establece en  $50\% \pm 10\%\text{HR}$ . La explicación de este valor radica en que si el ambiente es muy seco, el sudor (una persona suda constantemente) se evapora en exceso provocando que la piel se seque demasiado y en ocasiones extremas incluso pueden formarse yagas. Por otra parte un ambiente demasiado húmedo no permite la evaporación del sudor lo que hace que éste se acumule y se mojen las ropas de las personas. La humedad de confort asegura un equilibrio entre el sudor producido y el evaporado logrando una sensación de bienestar para el individuo.

La velocidad del aire de 0.2 a 1m/s, se considera de confort para una persona en reposo. Esto porque dicha velocidad asegura que el aire alrededor de nuestro cuerpo facilita la evaporación del sudor generado.

Desde el punto de vista acústico, para mantener su confort, un ambiente debe presentar un ruido background de 40 a 70dB. Esto porque para que una persona hable y sea escuchada debe hacerlo 10dB por sobre el ruido background. Si este ruido es muy alto las personas tendrían que gritar para ser escuchadas, lo que claramente afecta el confort del lugar.

En cuanto a la luz, se ha establecido que para que un lugar ofrezca buenas condiciones lumínicas debiera haber alrededor de 50 a 500Lux en el recinto, incluyendo la luz solar. Si la iluminación está fuera de este rango, se dificulta la visión de las personas.

Por último, para un completo confort, es necesario que el aire sea renovado con cierta frecuencia para evitar que se vicie y se torne molesto para la habitabilidad del lugar.

Explicado lo anterior, se deduce que el exceso de humedad influye negativamente en el confort dado que puede producir hongos y mohos que generan un olor muy fuerte, así como también facilita la proliferación de bacterias e insectos. Por otra parte se incrementa el riesgo de contraer enfermedades, especialmente del tipo bronco pulmonar, y por último se provoca una disminución de la resistencia térmica de los elementos perimetrales aumentando, por consiguiente, las pérdidas calóricas lo que genera un mayor gasto en calefacción.

### **3.4 Instrumentos para medir la humedad de muros y radieres.**

Existen distintos métodos normados para la medición de la humedad contenida en los materiales utilizados en la construcción. La mayoría de ellos se desarrollan en laboratorios y se utilizan para cada material por separado, es decir, se determina la humedad de la arena, de la grava y del cemento por separado.

Lo más interesante es determinar la humedad de los muros o radieres de una casa ya construida para verificar si se encuentran dentro de los límites aceptables para una vivienda confortable.

Para conocer la humedad de elementos ya construidos, una opción es sacar una muestra del elemento, llevarla a un laboratorio y estudiarla. Esta opción no es muy recomendable ya que es muy destructiva porque obligatoriamente hay que extraer una muestra, lo que trae consecuencias molestas para una casa habitada, además que se hace necesario un trabajo posterior de reparación.

Años atrás esta era la única forma de determinar la humedad en los paramentos de una vivienda. Con el paso de los años se han utilizado los avances tecnológicos para construir instrumentos que sean capaces de medir humedad en muros sin ser destructivos. Es el caso de los instrumentos en que utilizan microondas.

El funcionamiento de estos aparatos se basa en que las moléculas de agua son polarizables. Al aplicar un campo electromagnético alterno, las moléculas comienzan a rotar con la frecuencia de dicho campo. Este efecto se identifica mediante la magnitud de la constante dieléctrica  $K_e$  y en el caso del agua es tan acentuado que dicha constante es muy alta, teniendo un valor aproximado de 80. La constante de la mayoría de los sólidos, entre ellos los materiales de construcción, es muchísimo menor, del orden de 2 a 10. Por lo tanto lo que se mide es la diferencia de constantes por lo que es posible incluso detectar pequeñas cantidades de agua.

A través del uso de Internet se ubicó un fabricante de dichos aparatos y a continuación se presentan tres de ellos, que son los más indicados para los objetivos planteados.

### 3.4.1 Medidor Moist 200.

Este instrumento funciona en base a microondas y es capaz de tomar medidas no sólo en la superficie del muro o elemento a estudiar, sino que también puede realizar mediciones de hasta 80cm de profundidad (figura 13).



Figura 13. Moist 200

Las mediciones en profundidad son de gran ayuda para determinar posibles problemas de humedad ya que éstos muchas veces se originan en el interior del muro y sólo son observables en la superficie cuando el daño ya es de mayor magnitud. Por otra parte, este tipo de mediciones permite reconocer una distribución de humedad lo que puede arrojar como conclusión el lugar desde donde se está originando el problema.

La cabeza del medidor se puede cambiar de acuerdo a la profundidad a la que se requiere medir y las mediciones se realizan con gran facilidad sólo acercando la cabeza seleccionada al elemento al cual se requiere saber su humedad tal como muestra la siguiente figura. Puede ser utilizado en hormigón, albañilería y madera sin inconveniente alguno.

La figura 14 ejemplifica la simpleza de la forma de uso del medidor Moist 200.



Figura 14. Modo de uso del Moist 200

Estos aparatos presentan una gran velocidad en la toma de datos lo que permite tener un gran número de medidas en poco tiempo. Esto hace posible tener una mejor representación del muro, ya que los datos capturados se pueden ingresar al computador y con el uso de un software, desplegar un modelo que muestra las distintas humedades presentes en el elemento con una gama de colores donde los más oscuros representan una mayor humedad (figura15).

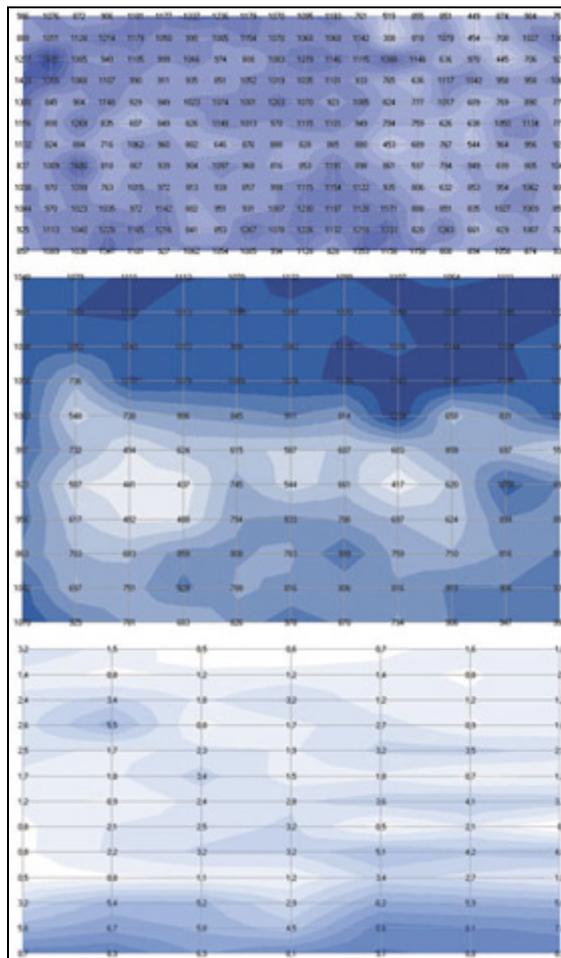


Figura 15. Resultados del software del Moist 200

En el primer ejemplo (imagen superior de la figura 15) se aprecia una humedad distribuida en el muro que podría asociarse a una humedad residual de construcción. En la segunda muestra se ve claramente como la humedad está ingresando al muro desde la parte superior y finalmente en el último ejemplo la humedad está entrando al muro por la parte inferior y en forma pareja a lo largo del muro lo que se asocia a una humedad por capilaridad.

### 3.4.2 Medidores T600 y T650.

Estos dos instrumentos pertenecen a una misma familia y su principal diferencia es que el primero permite medir humedad en elementos de grosor entre 20 y 30cm, ya que realiza mediciones de profundidad. Para conocer humedades superficiales de hasta 4cm se utiliza el segundo aparato.



Figura 16. T600



Figura 17. T650

Su uso se realiza de la misma forma que el Moist 200, se acerca la cabeza del instrumento al elemento en cuestión y se capturan los datos.

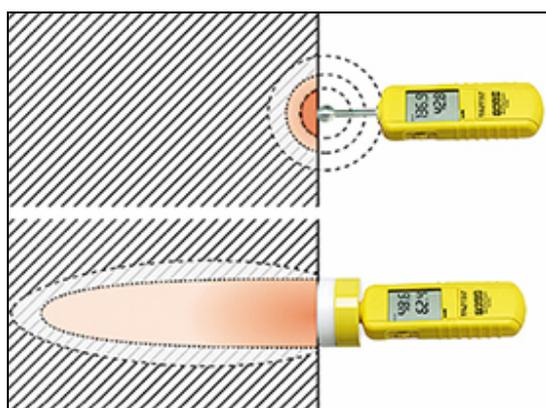


Figura18. Diferencia entre T600 y T650

La figura 18 muestra los diferentes campos de acción de los dos aparatos.

Una cualidad que poseen estos medidores es que tienen un sistema de alarma. Esto funciona estableciendo una humedad máxima, que puede ser un 20%HR, para luego comenzar la toma de datos y cada vez que el límite establecido sea sobrepasado se accionará la alarma para indicar que se ha detectado una humedad superior a la deseada.

Hay que tener en cuenta que se pueden tener datos erróneos si se utilizan estos aparatos muy cerca de esquinas por lo que se recomienda dejar una distancia de aproximadamente 10cm con cualquier encuentro con otro elemento.

## Capítulo 4: Validación del problema.

En el proceso de investigación de este proyecto se realizó una búsqueda de informes que entregaran datos que cuantificaran el número de viviendas afectadas por problemas de humedad proveniente del suelo. Sin embargo no se encontraron datos que clarificaran la magnitud del problema.

Dado el vacío que existe de información pública y como un aporte en el intento de informar acerca de este tipo de inconvenientes, se realizó una encuesta en las 32 comunas de la provincia de Santiago en la región Metropolitana para cuantificar la cantidad de viviendas que se ven afectadas por problemas de humedad proveniente del suelo.

### 4.1 Determinación de la población.

Para determinar la población, dentro de la cual se desprenderá la muestra para ser entrevistada, se recurrió a los datos del Censo del año 2002 para conocer el número de viviendas urbanas ocupadas, ya sean casas o departamentos, por comuna.

Tabla I. Viviendas por comuna, Censo 2002

Comuna	Casas	Departamentos	Total
Cerrillos	13,366	3,278	16,644
Cerro Navia	27,891	2,638	30,529
Conchalí	26,881	2,864	29,745
El Bosque	34,224	4,613	38,837
Estación Central	22,968	6,428	29,396
Huechuraba	13,814	1,077	14,891
Independencia	12,301	4,275	16,576
La Cisterna	18,942	1,529	20,471
La Florida	77,231	13,640	90,871
La Granja	25,035	3,892	28,927
La Pintana	35,841	5,519	41,360
La Reina	21,038	3,557	24,595
Las Condes	32,285	42,594	74,879
Lo Barnechea	11,997	2,657	14,654
Lo Espejo	19,134	177	19,311
Lo Prado	16,355	7,692	24,047
Macul	19,953	8,057	28,010
Maipú	107,478	12,765	120,243
Ñuñoa	22,065	29,558	51,623

Tabla II. Continuación tabla I

Comuna	Casas	Departamentos	Total
Pedro A. Cerda	22,841	3,612	26,453
Peñalolén	41,099	5,136	46,235
Providencia	8,715	37,304	46,019
Pudahuel	8,780	5,175	13,955
Quilicura	25,311	7,283	32,594
Quinta Normal	21,739	1,132	22,871
Recoleta	27,336	5,215	32,551
Renca	24,029	4,306	28,335
San Joaquín	19,605	2,920	22,525
San Miguel	14,073	5,481	19,554
San Ramón	17,147	2,293	19,440
Santiago Centro	24,146	38,661	62,807
Vitacura	12,849	9,328	22,177
TOTAL	826,469	284,656	1,111,125

## 4.2 Tamaño de la muestra.

Habiendo determinado la población, se calculó el tamaño de una muestra representativa para que los resultados que se obtengan puedan extrapolarse a toda la población de la provincia de Santiago.

Se seleccionó una muestra probabilística en la cual todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos. Este tipo de muestra es el adecuado para las investigaciones por encuestas a partir de cuyos resultados se pretende hacer estimaciones de variables en la población, tal como ocurre en el caso de esta tesis.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizan las siguientes expresiones

$$n' = \frac{s^2}{V^2} \quad n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

Ec.4 y Ec.5

Donde s es la varianza de la muestra

V es la varianza de la población

n' es el tamaño provisional de la muestra

N es el tamaño de la población

Para que la muestra asegure un error estándar menor de 0.01 es decir, que la predicción realizada sea correcta en 99 de cada 100 casos, los valores recomendados de  $s$  y  $V$  son  $s^2=0.09$  y  $V^2=0.000225$ .

Reemplazando estos valores en la ecuación 4 se obtiene  $n'=400$ , con este valor y el total de viviendas obtenido de la tabla II se establece una muestra  $n$  de 399,856 encuestados y llevando esto a un número entero se llega a un total de 400 encuestados.

Para lograr que una vivienda de una comuna menos poblada, en comparación con otra, tuviera la misma posibilidad de ser encuestada se estratificó la muestra probabilística antes determinada.

Para esto lo que se debe hacer es obtener una constante ( $ksh$ ) a través de la división entre la muestra y la población, en este caso esto es

$$ksh = \frac{n}{N} = \frac{400}{1,111,125} = 0.00036$$

Ec.6

Este valor se multiplica por la cantidad de viviendas de cada comuna y se conoce el número de encuestas que hay que realizar por comuna.

Tabla III. Número de encuestas por comuna.

Comuna	Casas	Departamentos	Total	Encuestas
Cerrillos	13,366	3,278	16,644	6
Cerro Navia	27,891	2,638	30,529	11
Conchalí	26,881	2,864	29,745	11
El Bosque	34,224	4,613	38,837	14
Estación Central	22,968	6,428	29,396	11
Huechuraba	13,814	1,077	14,891	5
Independencia	12,301	4,275	16,576	6
La Cisterna	18,942	1,529	20,471	7
La Florida	77,231	13,640	90,871	33
La Granja	25,035	3,892	28,927	10
La Pintana	35,841	5,519	41,360	15
La Reina	21,038	3,557	24,595	9
Las Condes	32,285	42,594	74,879	27
Lo Barnechea	11,997	2,657	14,654	5
Lo Espejo	19,134	177	19,311	7
Lo Prado	16,355	7,692	24,047	9

Tabla IV. Continuación tabla III.

Comuna	Casas	Departamentos	Total	Encuestas
Macul	19,953	8,057	28,010	10
Maipú	107,478	12,765	120,243	43
Ñuñoa	22,065	29,558	51,623	19
Pedro A. Cerda	22,841	3,612	26,453	10
Peñalolén	41,099	5,136	46,235	17
Providencia	8,715	37,304	46,019	17
Pudahuel	8,780	5,175	13,955	5
Quilicura	25,311	7,283	32,594	12
Quinta Normal	21,739	1,132	22,871	8
Recoleta	27,336	5,215	32,551	12
Renca	24,029	4,306	28,335	10
San Joaquín	19,605	2,920	22,525	8
San Miguel	14,073	5,481	19,554	7
San Ramón	17,147	2,293	19,440	7
Santiago Centro	24,146	38,661	62,807	23
Vitacura	12,849	9,328	22,177	8
TOTAL	826,469	284,656	1,111,125	400

Para obtener las respuestas requeridas, la encuesta se realizó por teléfono utilizando como base de datos la versión digital de la guía telefónica ([www.blancas.cl](http://www.blancas.cl)) donde se pueden buscar números telefónicos por comuna de manera muy simple.

### 4.3 La encuesta.

El objetivo principal de la encuesta fue determinar la cantidad de viviendas que se ven afectadas por problemas de humedad proveniente del suelo. Luego si la vivienda presentaba este tipo de problemas, se consultó si se había tomado alguna medida para solucionar los inconvenientes para así, posteriormente saber qué tan efectiva había sido (Anexo 1).

### 4.4 Resultados.

Los resultados de la encuesta realizada son alarmantes. Más de un 40% de las viviendas encuestadas presentan problemas de humedad proveniente del suelo. Este resultado confirma la urgente necesidad de ejecutar medidas preventivas al momento de construir las casas. Si se ejecutara este tipo de medidas, con seguridad se podría disminuir en gran medida el número de viviendas afectadas en un futuro.

Así mismo, los resultados confirman que las medidas correctivas no solucionan los inconvenientes producidos por este tipo de humedad, ya que de todos los encuestados que aseguraron haber tomado alguna medida para solucionar sus problemas, **ninguno** afirmó que la solución ejecutada resultó ser 100% efectiva.

Dado lo anterior, resulta sumamente importante informar a la población sobre cuales son las medidas paliativas más efectivas en la lucha contra la humedad proveniente del suelo, considerando que más de la mitad de los encuestados que reconocieron tener problemas y haber intentado solucionarlos, confirmaron que poco tiempo después de haber ejecutado la solución seleccionada, los problemas volvieron a aparecer dejando sin efectividad la medida utilizada.

Finalmente, la desinformación de la gente también se vio reflejada en los resultados de la encuesta, ya que más de un 40% de los encuestados que dijeron sufrir inconvenientes, no habían tomado medida alguna para intentar solucionar el problema y una gran cantidad de ellos aseguraron que era porque no saben qué se debe o puede hacer.

## Capítulo 5: Presentación y análisis de soluciones.

Existen diversas formas de defender una vivienda del ataque de la humedad proveniente del suelo. Éstas se pueden dividir en dos grandes grupos de acuerdo al momento en el cual se ejecutan.

Si se llevan a cabo durante la construcción de la edificación se denominan preventivas ya que se está previniendo la aparición de la humedad.

Si se ejecutan con posterioridad a la construcción de la vivienda se denominan correctivas ya que se está corrigiendo un problema que se hizo presente posteriormente a la realización de la vivienda, ya sea por no haber tomado acciones preventivas o porque éstas fueron insuficientes para detener la humedad presente en el terreno (figura 19).

<b>Soluciones a problemas de Humedad</b>	<b>Realización de Soluciones</b>	<b>Presentación del Problema</b>
Preventivas	Durante la construcción	Hipotética
Correctivas	Posterior a la construcción	Tangible

Figura 19. Cuadro explicativo.

### 5.1 Medidas preventivas.

Al momento de diseñar una construcción se debieran realizar sondajes en el terreno para conocer cuál es la composición del suelo donde se desea construir. No basta con revisar informes de construcciones aledañas que se hayan realizado con anterioridad, ya que los niveles freáticos varían con los años lo que puede llevar a conclusiones erróneas.

Si una vez realizado el estudio, de preferencia por un mecánico de suelos, se aprecia que se está en riesgo de tener problemas por exceso de humedad en el terreno, se hace indispensable tomar la decisión de realizar alguna acción preventiva que evite posteriores problemas.

Puede resultar de gran importancia tomar medidas contra la humedad en esta etapa del proyecto, ya que las reparaciones posteriores representan una mayor dificultad y un mayor gasto económico.

Entre las medidas que se pueden tomar se encuentran las siguientes.

### **5.1.1 No construir.**

Esta medida debería tomarse en casos donde se tiene un terreno con exceso de agua permanente o con una napa de agua demasiado superficial, razón por la cual crear alguna solución podría resultar demasiado costosa y compleja. Es por esto que se recomienda realizar los estudios al terreno previo a su compra.

### **5.1.2 Láminas o membranas impermeables.**

Consiste en evitar el contacto muro-suelo o fundación-suelo, para lo cual se utilizan láminas impermeables para cubrir las fundaciones o cimientos, lo que impide que el agua presente en el suelo entre en contacto directo con los elementos constructivos, evitando así su ingreso a la malla de capilares por lo que no puede ascender a través de ellos.

Entre las empresas que ofrecen este tipo de solución se encuentra Bautek que ofrece distintos tipos de membranas las que se presentan a continuación.

#### **BAUPOLIMER F.**

Descripción. Polímero sintético en dispersión acuosa, flexible reforzado con fibra. Diseñado especialmente para tratamientos de impermeabilización de superficies de diferente naturaleza. El producto es una pasta fluida, lista para su empleo que forma in situ una membrana flexible.

### Propiedades.

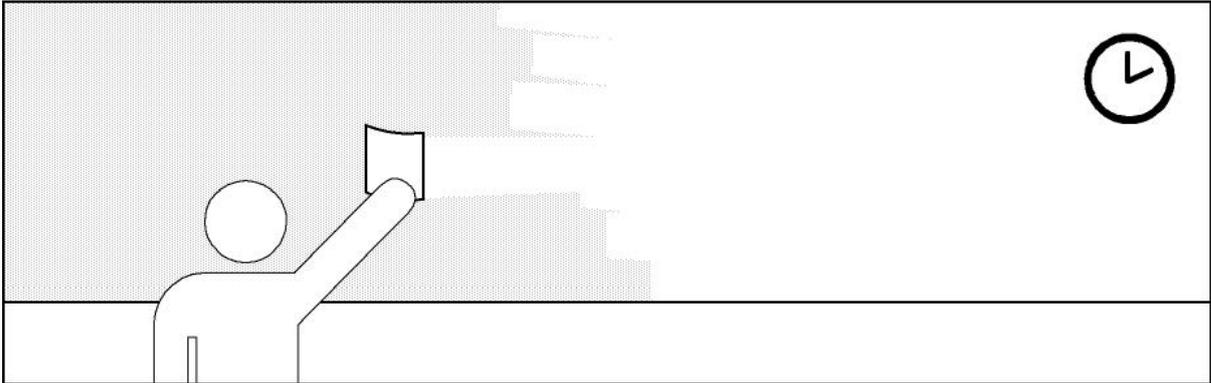
1. Excelente adhesión en diversos sustratos.
2. Altamente flexible y resistente una vez seca.
3. Larga duración y resistencia en condiciones climáticas extremas.
4. Flexible a bajas temperaturas, incluso bajo 0°C.
5. Aplicable en superficies horizontales, verticales y/o inclinadas.
6. Película totalmente impermeable.
7. Por ser fibrado no requiere tela de refuerzo.
8. Mortero de pega para cerámica.
9. Permite la colocación de mortero de pega para cerámica sobre la membrana, sobre lozas, mortero de protección.
10. Resistencia a rayos UV.

### Campo de aplicación.

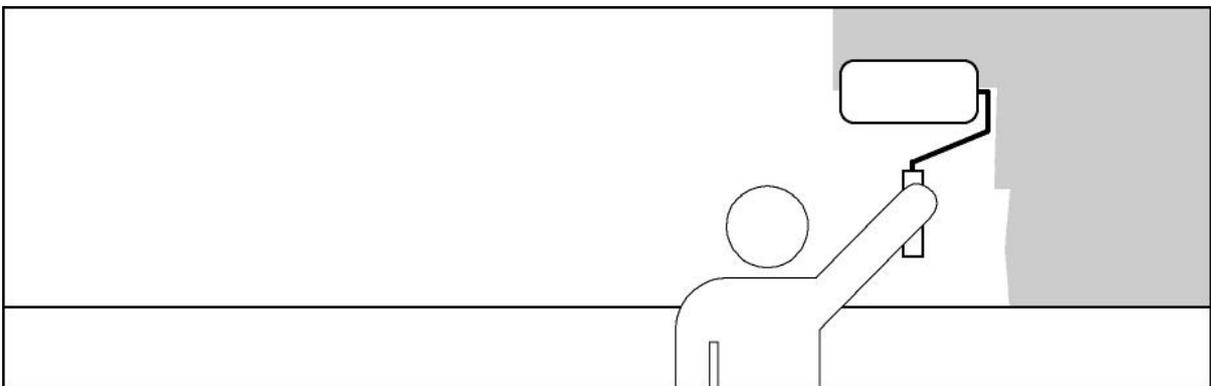
- Como recubrimiento impermeabilizante de techos planos o inclinados.
- Sobre superficies de hormigón, fibrocemento, fierro galvanizado, madera y planchas de yeso cartón.
- En la impermeabilización de fundaciones, muros de subterráneo a presión positiva, jardineras, losas, muros de baños y cocinas, terrazas, losas de cubiertas y en general, superficies expuestas a humedad.
- En recintos sometidos a bajas temperaturas, como cámaras frigoríficas y de fumigación.

### Forma de aplicación.

- La superficie debe estar limpia de polvo y agentes contaminantes antes de iniciar la aplicación de Baupolimer F. Las superficies con restos de aceites y suciedad se limpian con una dilución de ácido muriático sobre la extensión humedecida; posteriormente, se lava con agua corriente y se espera que seque.



- Si la superficie de aplicación es metálica, debe estar libre de óxido y haber sido tratada con algún revestimiento anticorrosivo.
- El producto viene listo para usar y se aplica con brocha o rodillo de pelo corto y suave en capas delgadas hasta completar una carga de 0.6 a 0.8 Kg/m<sup>2</sup> por mano (aplicar dos manos). Sobre sustrato poroso es necesario imprimir antes la superficie con Poliprimer (imprimante acrílico de la misma empresa).

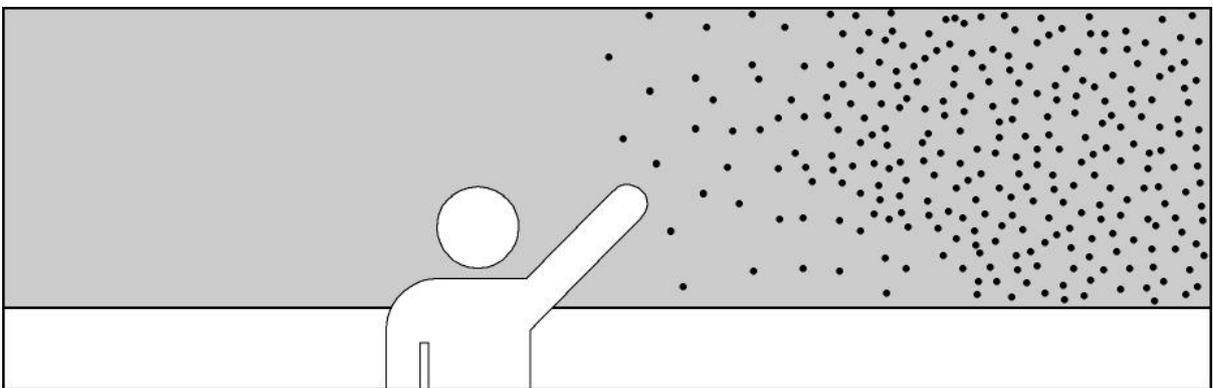


- Entre la aplicación de cada capa se debe esperar que la película esté completamente seca.



- Después de 7 días, momento en que termina completamente la polimerización o secado de la película, puede ser sometida a condiciones extremas de impermeabilidad.

- Para lograr un mejor perfil de adherencia con revestimientos posteriores (cerámicos, con morteros de recubrimientos) se recomienda espolvorear arena seca, limpia y libre de polvo sobre la última capa de Baupolimer F aún fresca.



## **ECOPOLIMER.**

### Descripción.

Polímero sintético en dispersión acuosa, elasto-flexible recomendado para impermeabilización de superficies diversas. Se presenta como pasta fluida, lista para su empleo, formando a los pocos minutos una membrana elástica.

### Propiedades.

1. Excelente adhesión sobre diversos materiales.
2. Película elasto-flexible.
3. Aplicable en superficies horizontales, verticales y/o inclinadas.
4. Excelente adherencia e impermeabilidad.
5. Puede ser reforzado entre capas para obtener mayor resistencia con malla de fibra de vidrio o geotextil.
6. Permite la colocación de mortero, sobrelosa, mortero de protección, mortero de pega para cerámica sobre la membrana.

### Campo de aplicación.

- Sobrelosas y losas en grandes extensiones.
- Recubrimiento impermeabilizante de techos planos o inclinados.
- Sobre superficies de hormigón, fibrocemento, madera y planchas de yeso-cartón.
- En uniones de muro-muro en tabiquería, muro-piso en encuentro de tabiques y losas de hormigón, armado con malla de fibra de vidrio o geotextil.

- Impermeabilización de fundaciones, muros de subterráneos a presión positiva, jardineras, losas y muros de baños y cocinas, terrazas, losas de cubiertas y, en general, superficies expuestas a humedad.

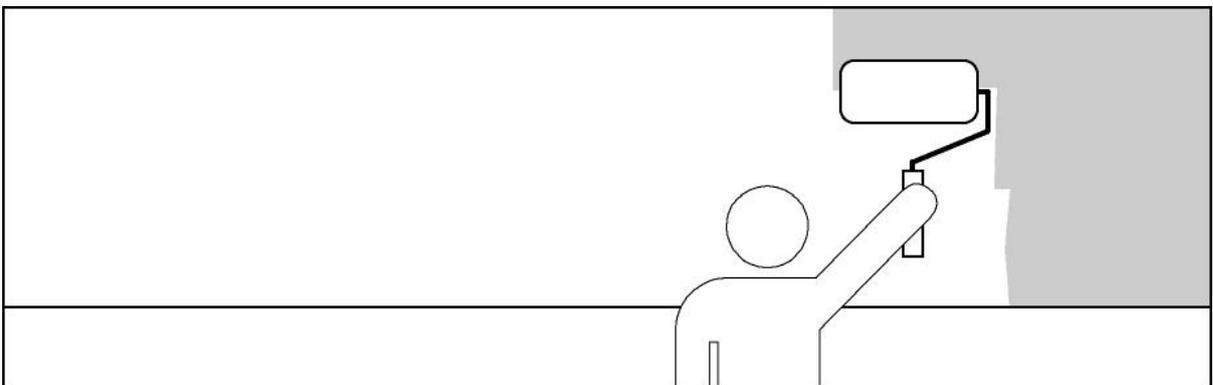
- Sellado de cámaras frigoríficas y de fumigación.
- Como contenedor de agua permanente, debe ser protegido (estuco, mortero).

Forma de aplicación.

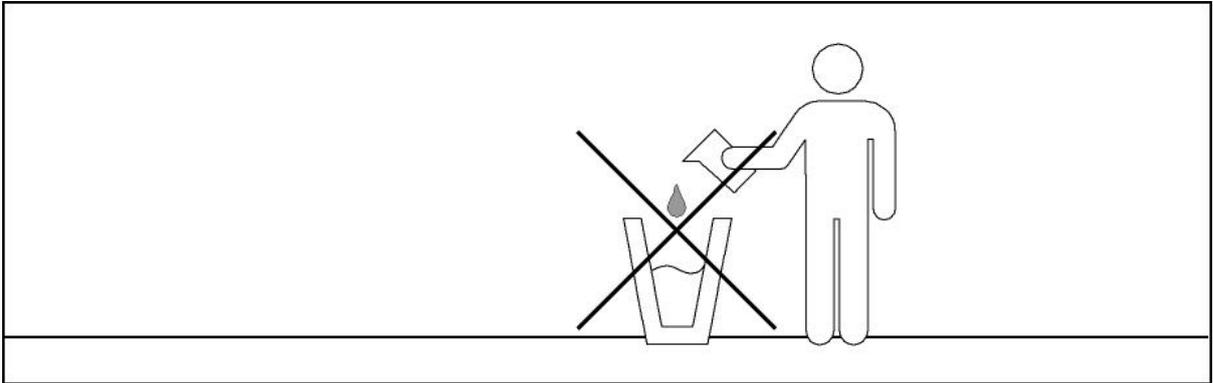
- Superficies limpias, secas, completamente descontaminadas.



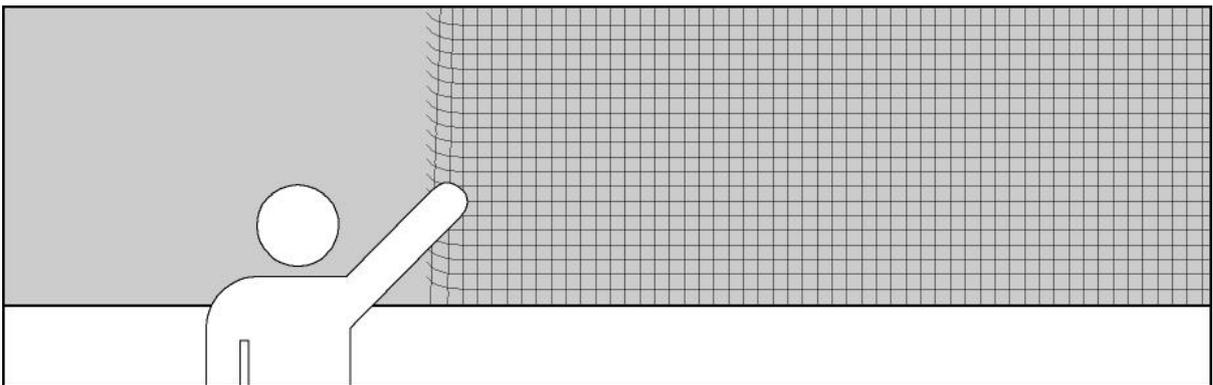
- Se aplica con rodillo o brocha de pelo corto y suave, en capas delgadas de 0,5 a 0,7 Kg/m<sup>2</sup> por mano (aplicar dos manos).



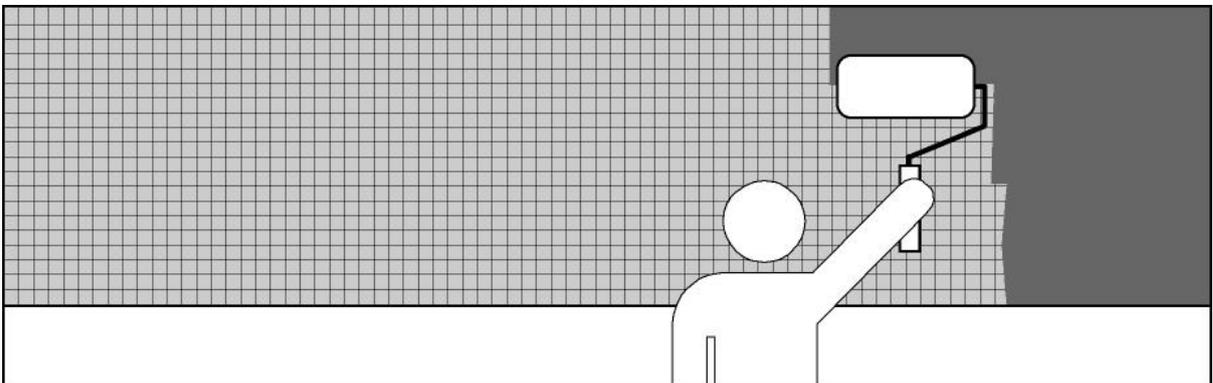
- Producto listo para ser aplicado, no diluir.



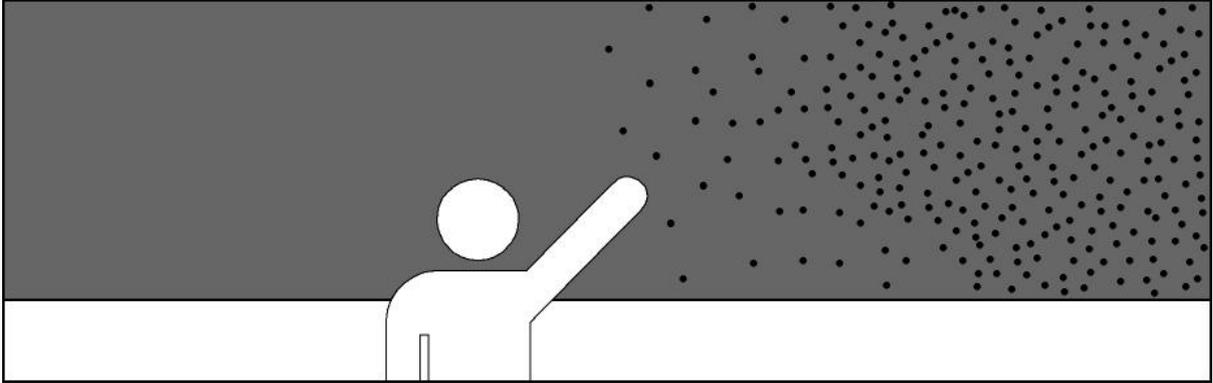
- Si se requiere una impermeabilización de gran resistencia a la rotura se pueden usar telas de refuerzo, como geotextil o malla de fibra de vidrio.



- Aplicar primero una capa de Ecopolimer y luego estando húmedo adherir el refuerzo. Cuando haya secado aplicar la segunda mano.



- Para mejorar el perfil de adherencia con revestimientos posteriores, espolvorear arena seca.



- Curado final de 7 días. Momento en que termina la polimerización o secado de la película y puede ser sometida a condiciones extremas de impermeabilidad.

### **BAUCOLUMBA PGR.**

#### Descripción.

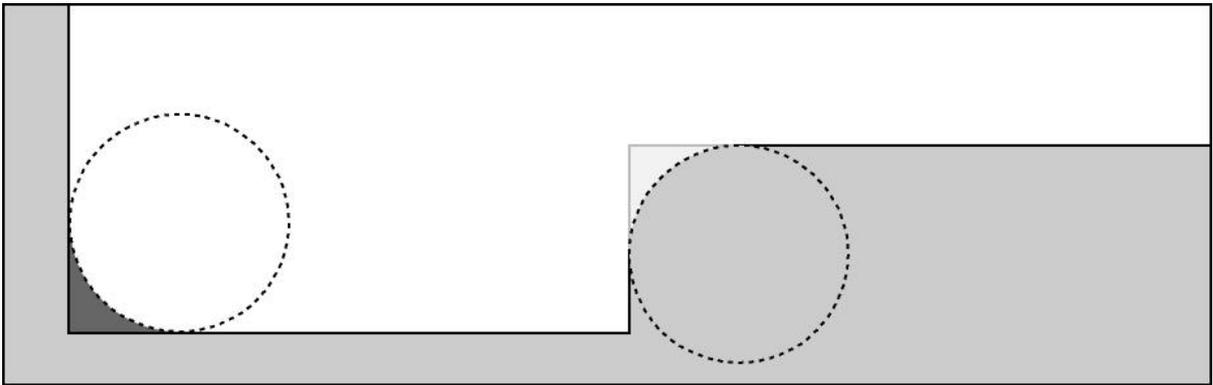
Es la denominación para un grupo de membranas prefabricadas elaboradas a partir de asfalto modificado con polímero plastomérico APP.

#### Campo de aplicación.

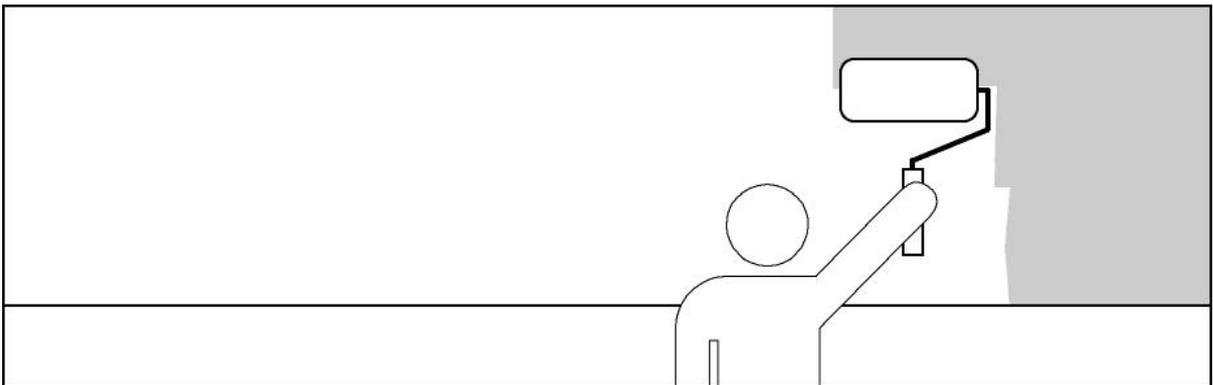
- Impermeabilización de muros perimetrales, losas, jardineras, terrazas y recintos húmedos interiores. Puede recibir hormigones, morteros, asfalto en frío.

#### Forma de aplicación.

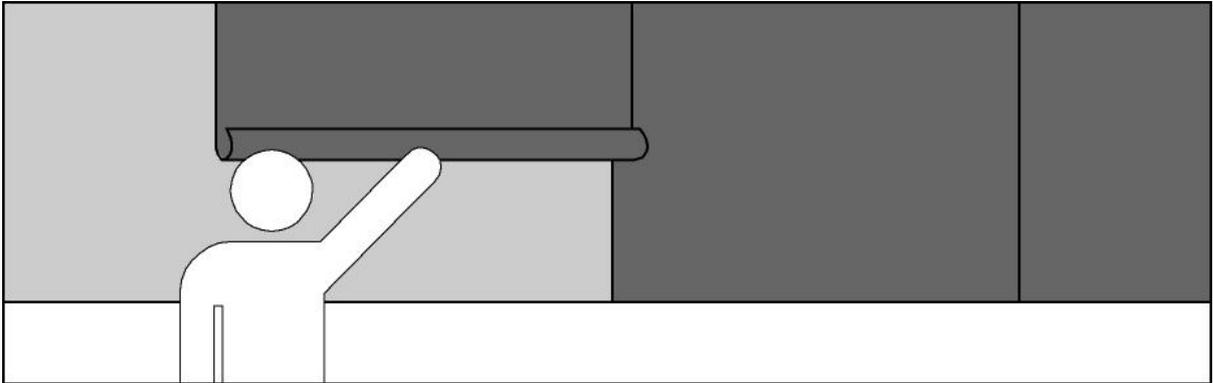
- La superficie a impermeabilizar deberá estar limpia, sana y seca, libre de cualquier elemento protuberante que pueda ocasionar daño a la membrana. Los encuentros a noventa grados tanto verticales como horizontales deberán ser redondeados previamente.



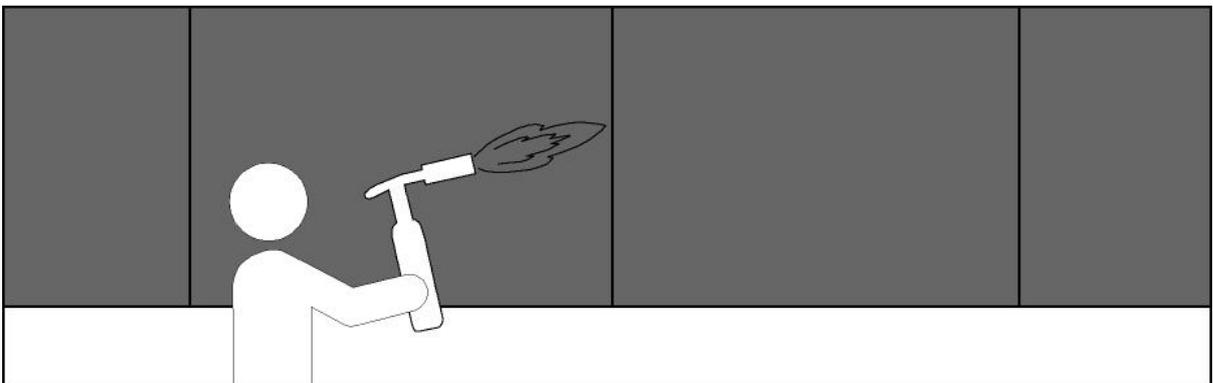
- Aplicar en forma previa a toda la superficie a impermeabilizar una capa de imprimante asfáltico.



- Colocar la membrana sobre la superficie a impermeabilizar.

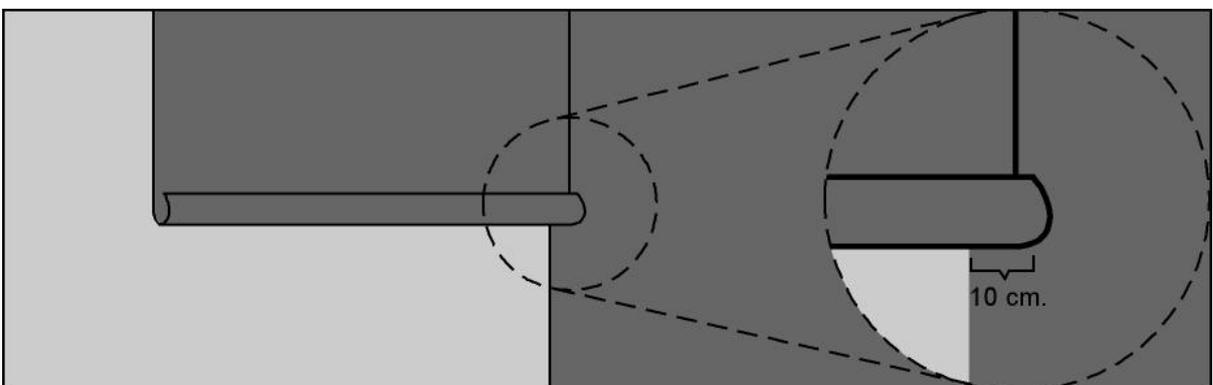


- La adhesión se logra mediante sopleteado a gas, con llama directa.



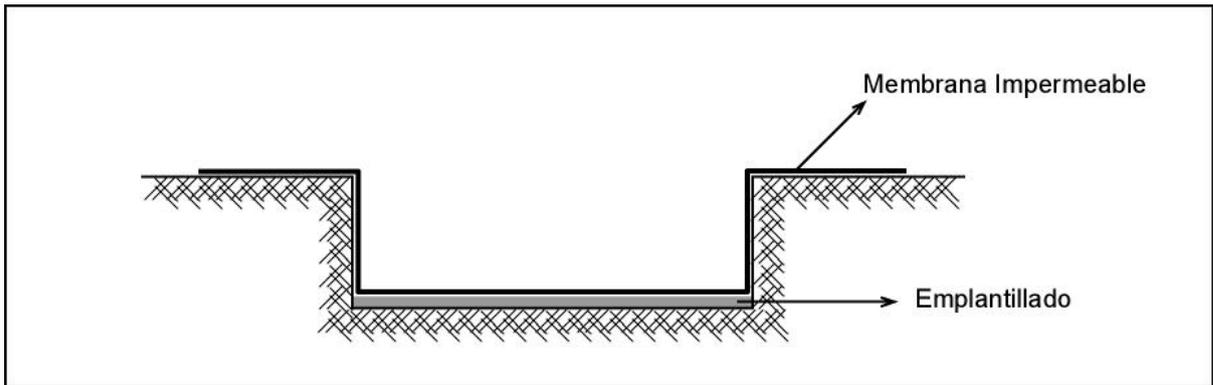
- La membrana Baucolumba permite una total adhesión al sustrato o en casos especiales se puede considerar semi adherida.

- El mínimo traslape recomendado entre membranas asfálticas es de 10cms.

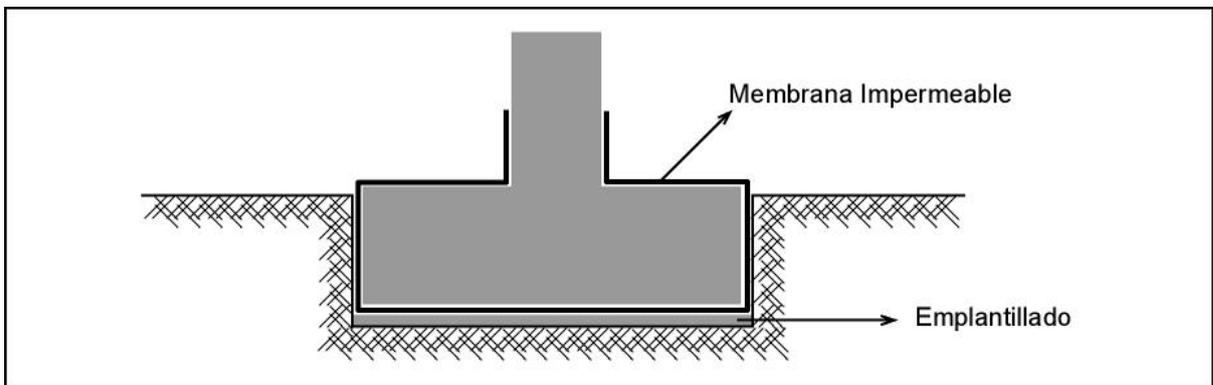


Aplicable también directamente sobre las fundaciones o los cimientos de la construcción, la forma de aplicación en este caso es la que sigue

- Ubicar sobre el emplantillado la membrana de manera que ésta cubra toda la superficie que posteriormente ocupará el hormigón de la fundación, asegurando dejar un sobrante a cada lado de la excavación.



- Una vez vertido el hormigón, tanto de la fundación como del muro o pilar que nace de ella, tomar los sobrantes antes dejados sobre el terreno y ubicarlos de manera que cubran la fundación y la parte baja del muro que pueda quedar en contacto con el terreno.



Todos los criterios de unión y traslape de la membrana son tal como fueron explicados para el caso muros de subterráneo o de contención.

Una segunda empresa contactada que ofrece este tipo de solución es Sika que se centra en un sólo tipo de membrana creada en base a PVC. Sus especificaciones son las siguientes.

### **SIKAPLAN 15G**

#### Descripción.

Es una membrana de 1.5mm de espesor a base de PVC plastificado en dos capas y reforzada con fibras sintéticas en base a poliéster.

Ha sido fabricada en capas múltiples para garantizar una absoluta impermeabilización contra el agua y una completa ausencia de poros. Es imputrescible, no envejece y no necesita mantenimiento. Se suelda en obra con aire caliente formando una superficie continua y de espesor uniforme.

#### Propiedades.

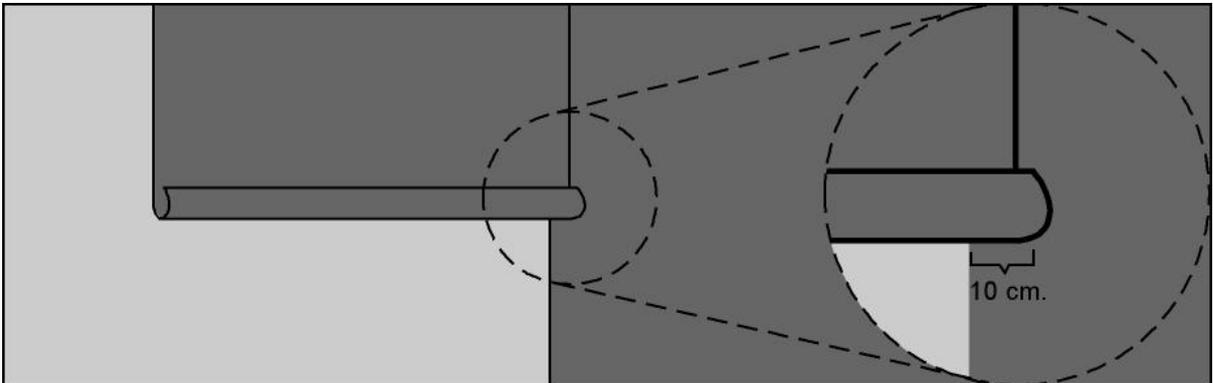
1. Mínimo peso en cubiertas expuestas.
2. Elevada durabilidad.
3. Estabilidad dimensional.
4. Elevada resistencia a la tracción.
5. Excelente flexibilidad.
6. Aplicable sobre superficies de hormigón, metal madera, prefabricados, etc.
7. Puede quedar expuesta sin protección.
8. Notable resistencia al envejecimiento, ataque de elementos químicos, ataque de raíces, algas, etcétera.

Campo de aplicación.

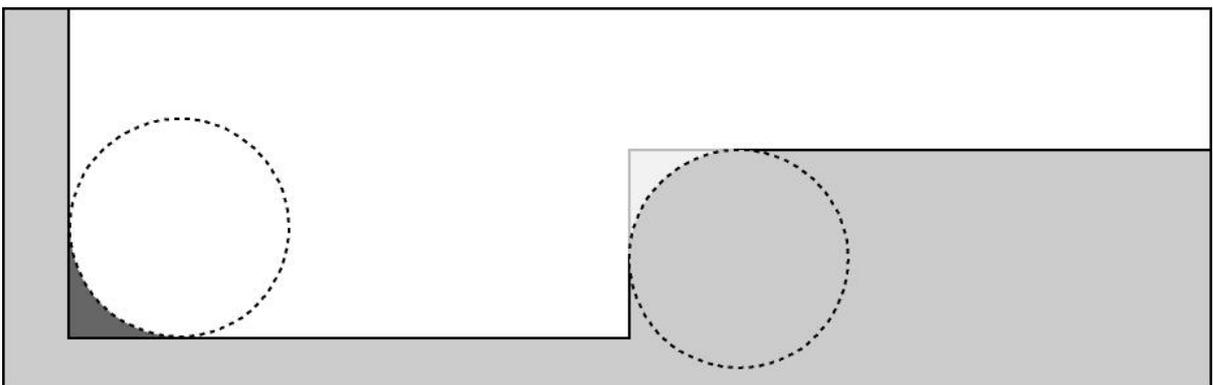
- Cubiertas de edificios, galpones, industrias, tanto en obras nuevas como en rehabilitación de obras existentes.
- Losas de hormigón, fundaciones, terrazas, balcones, baños y cocinas.

Forma de aplicación.

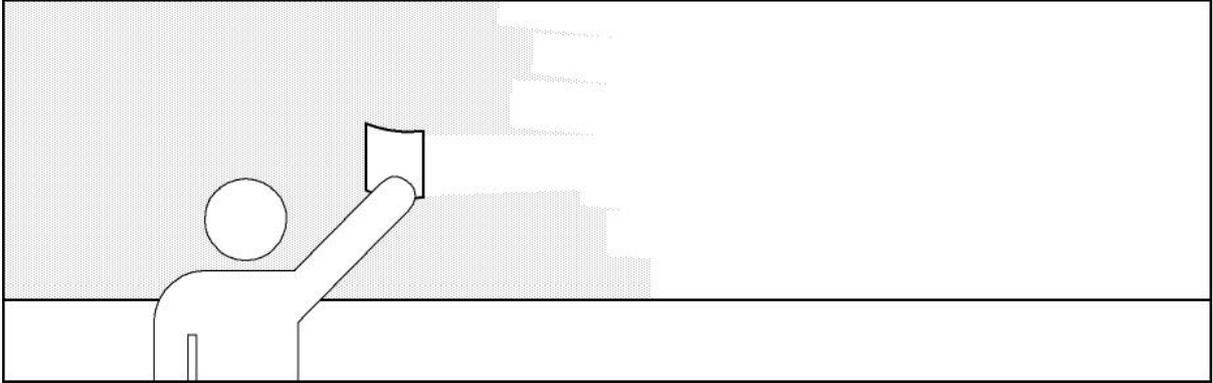
- Considerar la superficie a cubrir con un traslapo de 5cm a 10cm.



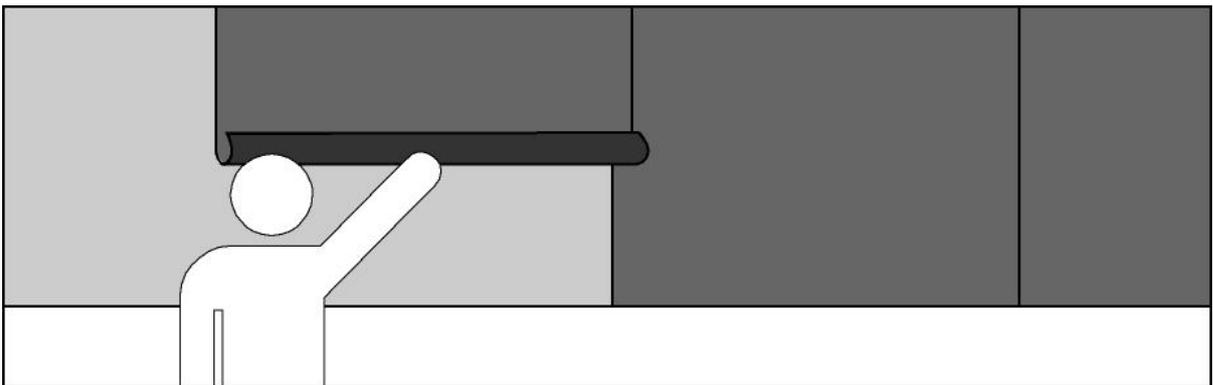
- La base sobre la que se aplicará el producto debe estar libre de protuberancias o irregularidades. Los bordes y esquinas deberán ser redondeados con un radio mínimo de 5cm.



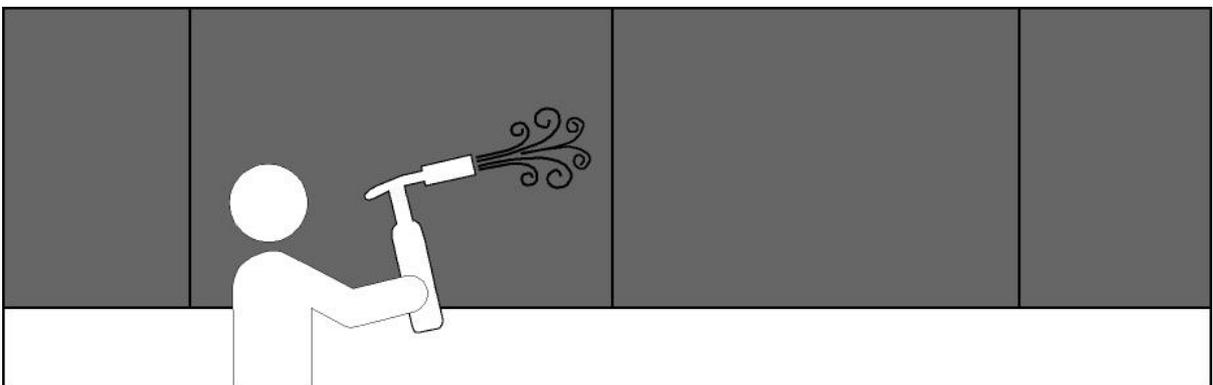
- Las superficies deben estar limpias, secas y libres de impregnaciones de aceite y grasa. Como capa separadora o de protección se recomienda utilizar geotextiles o polietileno.



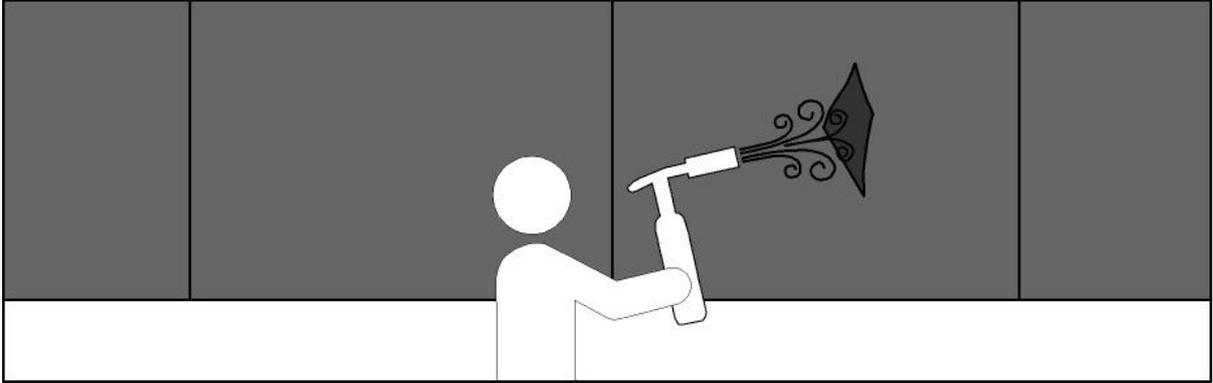
- La lámina se extiende sobre la superficie antes preparada, con la cara más clara expuesta, tanto longitudinal como transversalmente.



- El traslapeo se limpia y se suelda por fusión con aire caliente, presionando enseguida con un rodillo de caucho sintético.

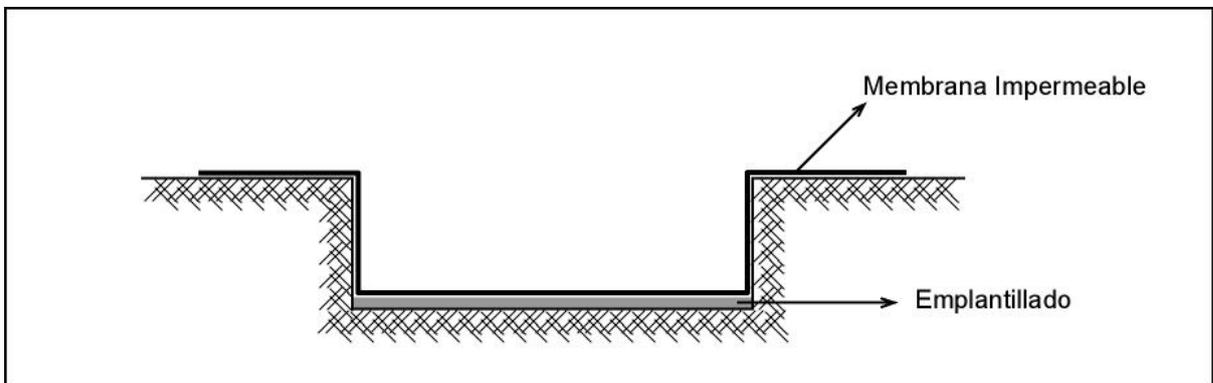


- Cualquier daño o rasgadura es fácilmente reparable con un trozo de lámina superpuesta y soldado.

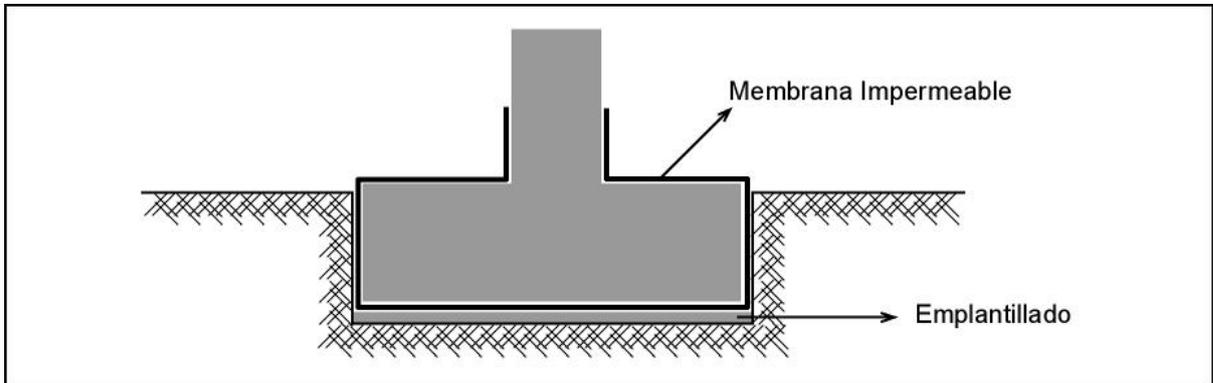


Aplicable también directamente sobre las fundaciones o los cimientos de la construcción, la forma de aplicación en este caso es la que sigue

- Ubicar sobre el emplantillado la membrana de manera que ésta cubra toda la superficie que posteriormente ocupará el hormigón de la fundación, asegurando dejar un sobrante a cada lado de la excavación.



- Una vez vertido el hormigón, tanto de la fundación como del muro o pilar que nace de ella, tomar los sobrantes antes dejados sobre el terreno y ubicarlos de manera que cubran la fundación y la parte baja del muro que pueda quedar en contacto con el terreno.



Todos los criterios de unión y traslape de la membrana son tal como fueron explicados para el caso muros de subterráneo o de contención.

Por último se contactó a la empresa Tecpro. La lámina que ofrece está desarrollada en base a bentonita y sus especificaciones son las que siguen.

### **PARASEAL LG**

#### Descripción.

Paraseal LG de Tecpro, es una membrana multi-capa para impermeabilización. Su composición consiste en una capa auto sellante y expandible de bentonita sódica granular, la cual está adherida a un polietileno de alta densidad (HDPE). El tercer componente es una capa protectora de polipropileno.

#### Propiedades.

1. Extraordinaria protección contra la intrusión de agua en áreas de alta presión hidrostática.

2. Soporta situaciones en las cuales se deba aplicar shotcrete directamente sobre la membrana.

3. Facilidad de empleo.
4. Se puede aplicar sobre hormigón fresco o seco, sobre mampostería, madera o metal. No requiere una mayor preparación de la superficie.
5. Utilización en un amplio rango de temperaturas.
6. Resistencia a las agresiones químicas y al punzonamiento.
7. Óptima resistencia al escurrimiento de agua sobre la membrana.
8. Facilidad de almacenaje en bodega y en obra gracias a la protección de plástico que envuelve los rollos.

#### Campo de aplicación.

- Especialmente diseñada para aplicaciones contra terreno.
- Ideal para ser utilizada en muros de subterráneos, losas de fundación y muros de contención.
- Puede utilizarse en estructuras que estén bajo el nivel de la napa freática.

Las membranas de impermeabilización son una muy buena solución. La razón es que se utilizan directamente sobre las fundaciones, los cimientos o sobre los muros de contención de la construcción y se logra aislar completamente la estructura del suelo, impidiendo absolutamente que el agua penetre en los materiales y pueda ascender por capilaridad.

Al existir alternativas de distintos materiales resulta necesario discriminar entre ellos (asfálticas, poliméricas y de PVC). La colocación es similar para los tres tipos ya que todas se distribuyen en forma de rollos de diámetros determinados o en forma líquida, que luego de ser aplicadas toman la consistencia de membrana.

Una diferencia entre los distintos tipos es la forma de unir una lámina con otra y su elasticidad. Los dos primeros tipos necesitan de sopletes a llama directa que vayan derritiendo los bordes de las láminas para que se unifiquen y formen una gran membrana. Esto puede resultar un tanto peligroso para los trabajadores que las instalan, que aunque deben ser personas que hayan tenido la capacitación respectiva, los riesgos de accidentes aumentan al trabajar con fuego. El tercer tipo, las de PVC, no utilizan fuego para realizar las uniones sino que utilizan solamente aire caliente, que por si solo igualmente puede resultar peligroso pero comparado con el fuego claramente es menos dañino.

No confundir estas membranas con los rollos de plástico que se utilizan en algunas construcciones donde por ahorrar algo de dinero dejan de lado las membranas creyendo que solamente dando un mayor traslape al plástico logran el mismo efecto y no se dan cuenta que las selladuras deben ser completamente herméticas ya que de no ser así el agua igualmente logra penetrar y provocar daños.

Otra diferencia es su estiramiento siendo la de PVC la que alcanza un mayor rango. Esto es muy bueno porque se corren menos riesgos de rajaduras en el material ya que cuando el hormigón se expanda o se agriete, modificando su volumen, la membrana se alargará y no sufrirá daños.

La impermeabilización que se logra a nivel de fundaciones con las membranas no líquidas es muy efectiva, ya que éstas se colocan sobre el emplantillado de las fundaciones cubriendo toda la excavación y con una holgura. Luego del hormigonado dichas holguras se levantan y se adhieren a la parte baja del muro para que ninguna superficie de hormigón quede en contacto directo con el suelo.

### 5.1.3 Barreras anticapilares.

Hay casos en los que puede resultar eficiente realizar barreras anticapilares. Esto consiste en interponer entre el terreno y el radier una capa de material que puede ser grava u hormigón pobre de alta granulometría y poca dispersión, de manera de romper la red de capilares en la transición del suelo hacia los elementos constructivos.

La explicación del buen funcionamiento de este sistema radica en que, tal como se explicó previamente, mientras más finos sean los espacios dejados en el material mayor es el ascenso del agua por lo que al utilizar grava o áridos de gran tamaño se dejan espacios de mayor diámetro lo que imposibilita la subida del agua.

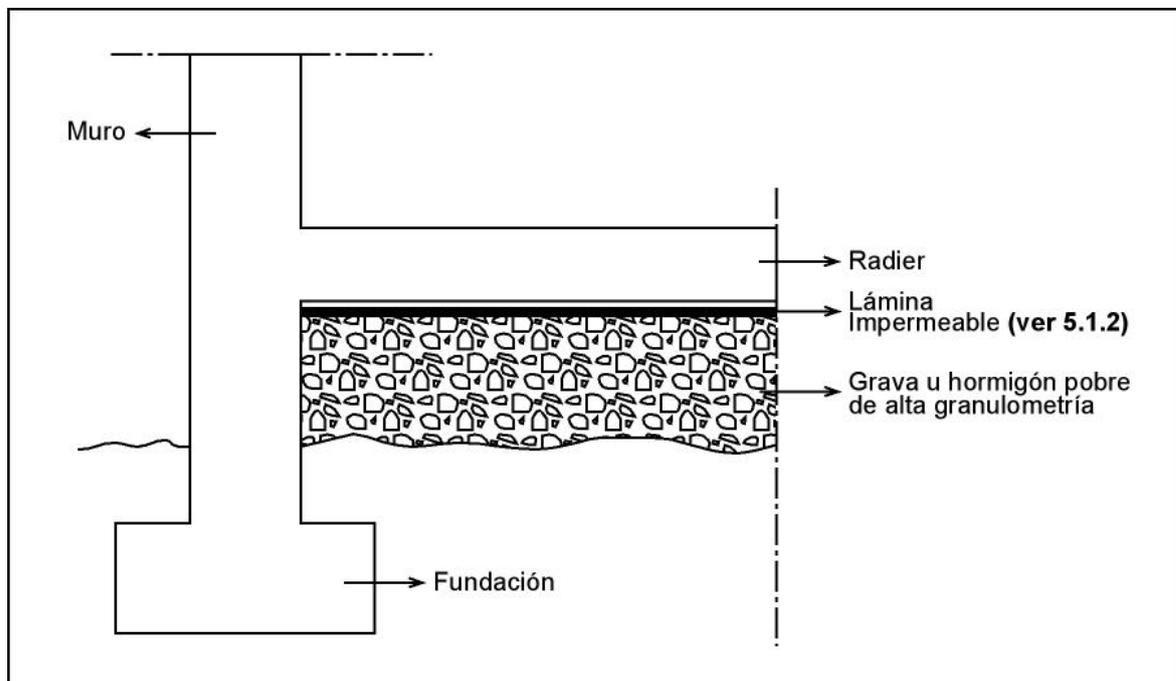


Figura 20. Barrera anticapilar.

La figura 20 muestra como se ve una solución de este tipo, en este caso se mejoró aun más la eficiencia dado que entre el relleno gravoso y el radier se ubicó una lámina impermeable para un mejor funcionamiento.

Esta solución no presenta mayores problemas constructivos ya que sólo se necesita determinar el material granular que se va a utilizar.

Podría representar una buena solución para evitar un ascenso de agua directamente a través del radier de la vivienda ya que al dejar una barrera de material granular de alta granulometría no se forman capilares a través de los cuales el agua podría ascender.

La desventaja es que las fundaciones o cimientos igualmente quedan en contacto directo con el suelo húmedo. El agua, al no poder ascender a través del radier, buscará algún lugar por donde hacerlo y es allí donde las fundaciones o los cimientos se verán afectados y los problemas de humedad podrán aparecer.

Teniendo en cuenta lo anterior, puede decirse que esta solución puede ser recomendada como complemento de alguna otra en suelos donde la humedad sea muy alta y no baste sólo con aislar las fundaciones.

#### **5.1.4 Materiales hidrófugos.**

Esta técnica consiste en evitar el ascenso del agua actuando directamente sobre los capilares del material.

Una forma de realizarlo es interviniendo, mediante el uso de aditivos, la composición del hormigón a utilizar. Esto no siempre es recomendable ya que la mayoría de las veces se perjudica la resistencia mecánica del hormigón a utilizar, lo que podría recuperarse modificando la dosificación y la granulometría.

Entre los aditivos ofrecidos en el mercado se encuentra el promocionado por la empresa Bautek. Sus especificaciones son las siguientes.

#### **PENETRON ADMIX.**

##### Descripción.

Penetron Admix es agregado al concreto al momento de preparar la mezcla. Penetron Admix consiste en cementos Pórtland, arenas silíceas finas y varios químicos activos. Estos químicos reaccionan con la humedad en el hormigón fresco, produciendo una reacción catalítica, la que produce cristales no solubles dentro de los poros y capilares de la mezcla de concreto. Este concreto queda sellado permanentemente contra la penetración de agua y otros

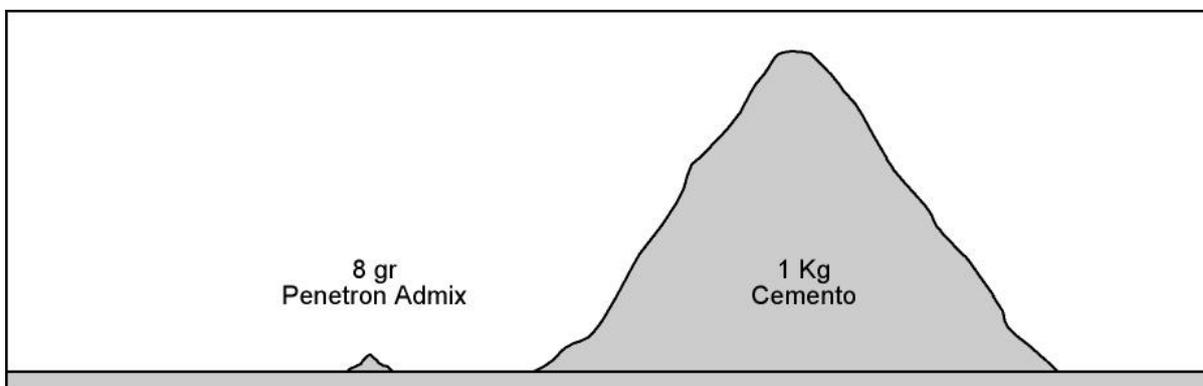
líquidos tanto de presión negativa como positiva. El concreto queda también protegido contra el deterioro por condiciones medioambientales adversas.

Campo de aplicación.

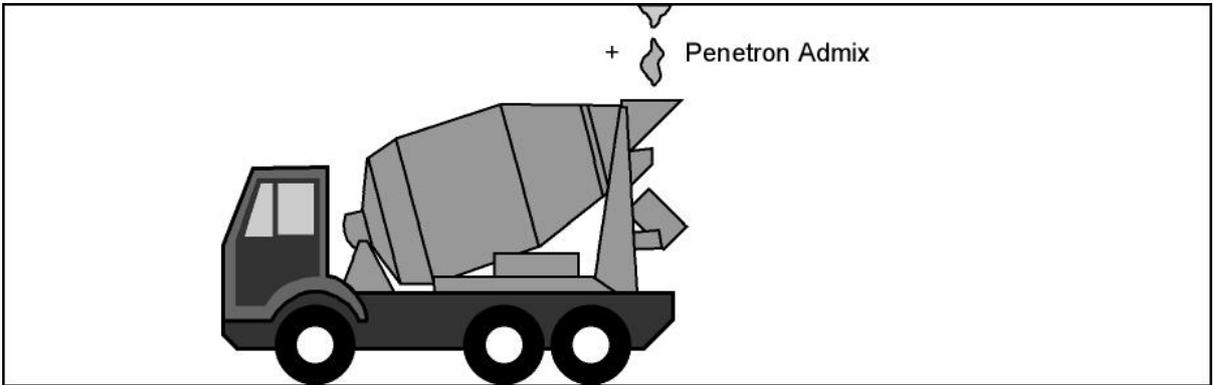
- Estanques.
- Alcantarillado y plantas de tratamiento de agua.
- Estructuras secundarias de contención de agua.
- Túneles y autopistas subterráneas.
- Bóvedas enterradas.
- Fundaciones.
- Estructuras de estacionamientos.
- Piscinas.
- Componentes premoldeados.

Forma de aplicación.

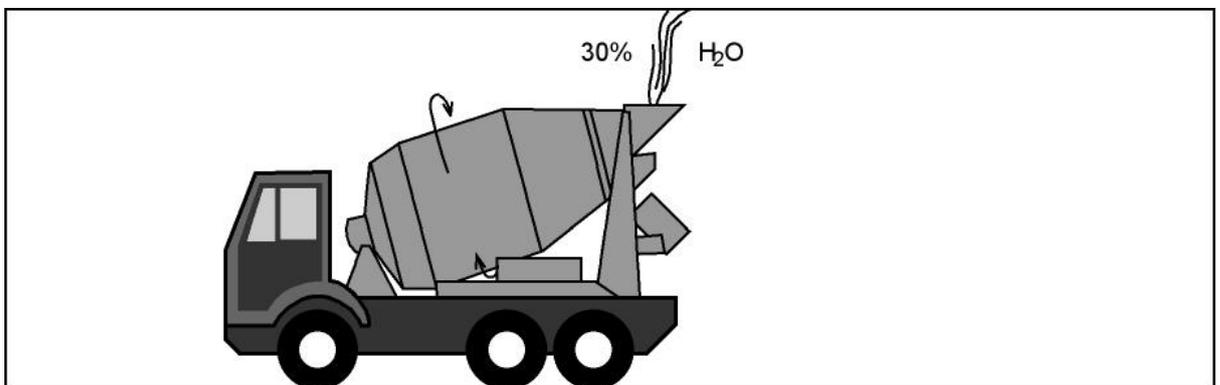
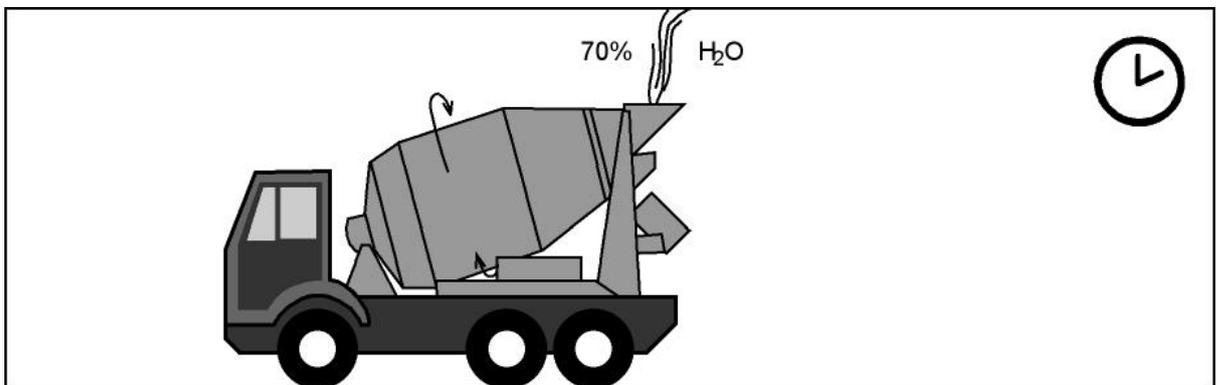
- La dosificación de Penetron Admix debe corresponder al 0,8% del peso del cemento.



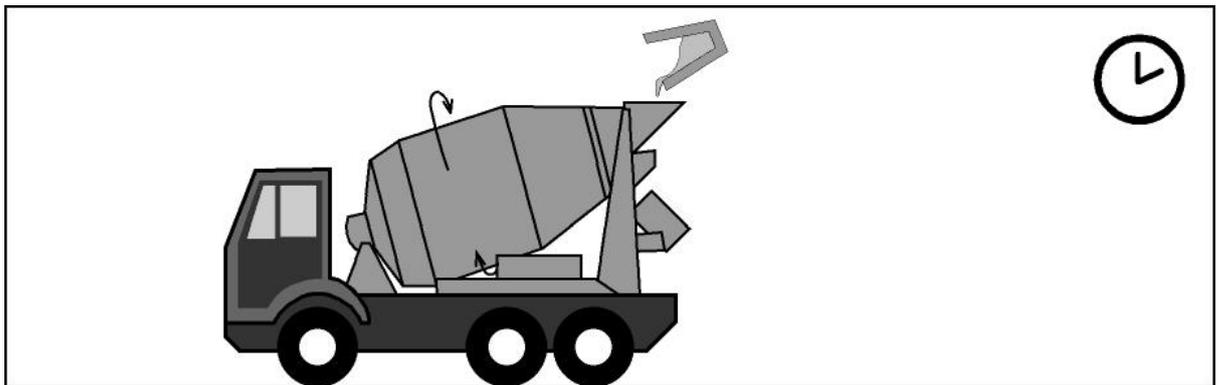
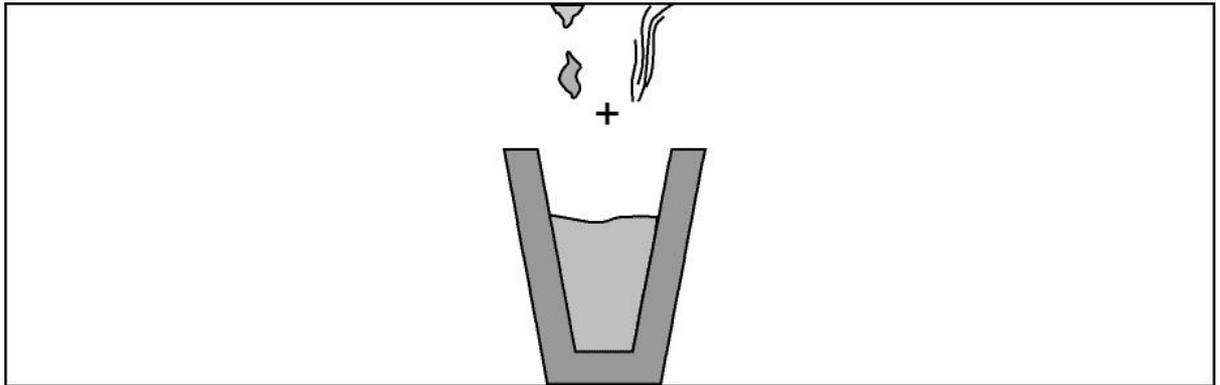
- Penetron Admix debe ser agregado al hormigón al momento de preparar la mezcla.



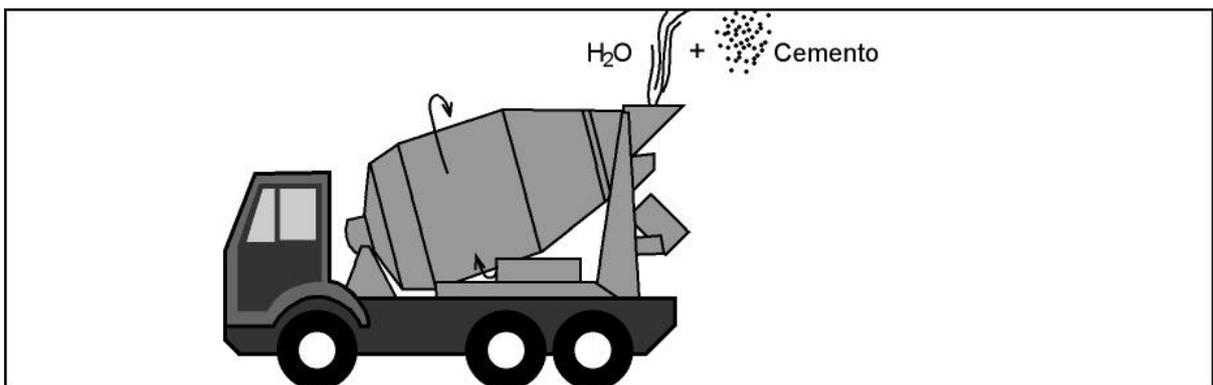
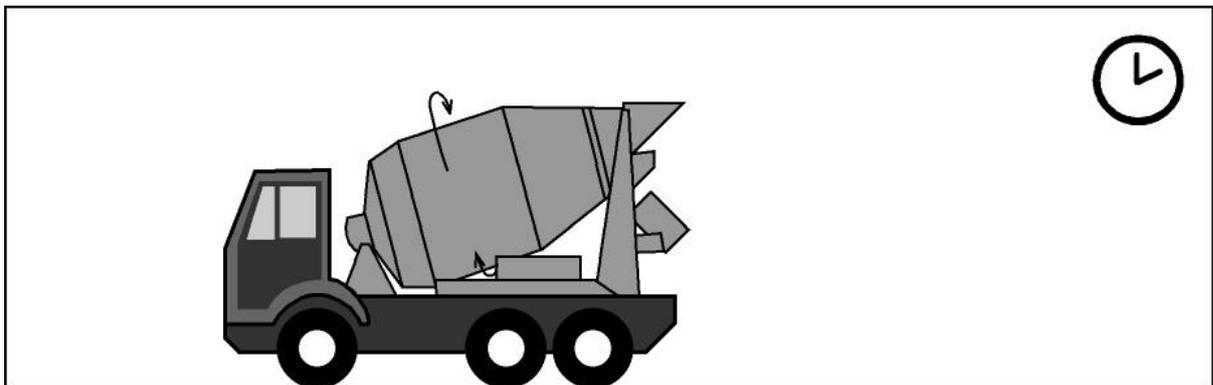
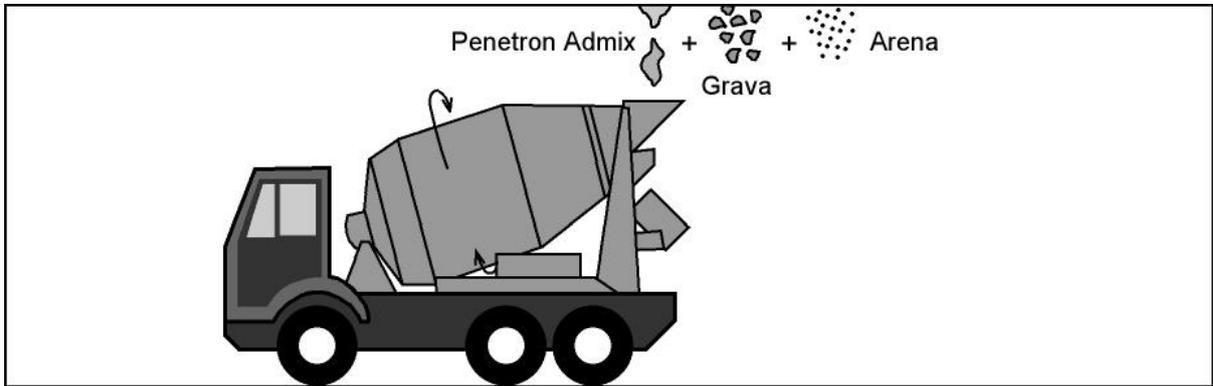
- Para la preparación de la mezcla seca, agregar Penetron Admix en forma de polvo al tambor del camión de hormigón. Agregar de 60% a 70% del agua requerida para 136 a 227 kgs de agregado. Mezclar el material por 2 a 3 minutos para asegurar la distribución homogénea del producto. Agregue el saldo de agua al camión de hormigón según prácticas habituales de mezclado.



- Para un mezclado central, mezclar Penetron Admix con agua para formar una lechada fina (18kgs de polvo con 22,7 litros de agua). Agregue la cantidad requerida de material al tambor del camión de hormigón. El agregado, cemento y agua debe ser vaciado y mezclado de acuerdo a prácticas estándar (tener en cuenta la cantidad de agua que ya fue agregada en el camión de hormigón). Mezclar por al menos 5 minutos para asegurar la distribución homogénea.



- En plantas de prefabricados se debe agregar Penetron Admix a la grava y arena, después mezclar por 2 a 3 minutos antes de agregar cemento y agua. La masa entera de concreto debe ser mezclada según prácticas estándar.



Esta solución puede ser un arma de doble filo. Por un lado puede suponerse que basta con utilizar en el hormigón materiales aditivos que lo hagan impermeable y no es necesario preocuparse de nada más.

Este es un grave error que se comete ya que teóricamente el hormigón queda impermeable pero en la práctica es muy difícil que así suceda. La explicación de esto es que para lograr el objetivo deseado hay que controlar factores que en una construcción son muy difíciles de controlar.

Un ejemplo de lo anterior es la consolidación del hormigón. Para que las fundaciones, muros de contención, cimientos o sobrecimientos queden absolutamente impermeables es necesario un vibrado que bordee la perfección y un llenado lo más continuo posible para lograr elementos monolíticos. En una construcción es muy difícil que esto ocurra ya que los maestros encargados de realizar estos trabajos no son todo lo cuidadosos que debieran ser y las personas de calidad generalmente no dan abasto para cubrir todas las tareas que se realizan al mismo tiempo en un proyecto dado. Es por esto que muchos muros y elementos quedan mal consolidados formándose nidos de piedras o juntas mal ejecutadas (porque se acaba el hormigón a mitad de llenado y lo rellenan más tarde sin los cuidados que se deberían tomar) lo que lleva finalmente a que el hormigón que debiera ser impermeable no lo sea y los problemas de humedad aparezcan de igual forma.

En consecuencia, ésta puede ser una buena solución al problema siempre y cuando se pueda llevar a cabo bajo estrictas medidas que supervisen un buen desarrollo de las actividades o como complemento de otras soluciones.

### **5.1.5 Revestimientos impermeables.**

Los tratamientos con revestimientos impermeables, tal como lo indica su nombre, trabajan sobre la superficie de los elementos impidiendo así la propagación de la humedad a través de ellos. Lo que se intenta hacer es bloquear superficialmente los capilares del material para evitar la propagación del agua.

La empresa Bautek ofrece dos tipos de productos dentro de esta familia de soluciones, los que se presentan continuación.

## **BAUTOP SEAL.**

### Descripción.

Producto predosificado de excelente impermeabilidad, adherencia y resistencia mecánica. Elaborado con cemento blanco, áridos de granulometría seleccionada y aditivos especiales. Mezclado con una dilución de agua y Polybau conforma una mezcla que cumple la función de revestimiento impermeable.

### Propiedades.

1. Excelente impermeabilidad bajo gran presión de agua, positiva o negativa.
2. Da solución permanente a problemas de humedad en interiores (presión negativa).
3. No presenta barrera al vapor.
4. Se aplica sobre superficies húmedas, tanto en interior como a la intemperie.
5. Gran resistencia mecánica.
6. Producto no tóxico, recomendable para impermeabilizar receptáculos que van a contener agua potable.
7. No lo afectan los rayos ultravioleta.
8. Los elementos que se utilizan para su aplicación se lavan sólo con agua.

### Campo de aplicación.

- En estanques de agua potable y aguas servidas.
- Como revestimiento impermeable en edificación y obras civiles, especialmente de tipo hidráulico. Sobre hormigón, mortero, albañilería de bloques y albañilería de ladrillo.

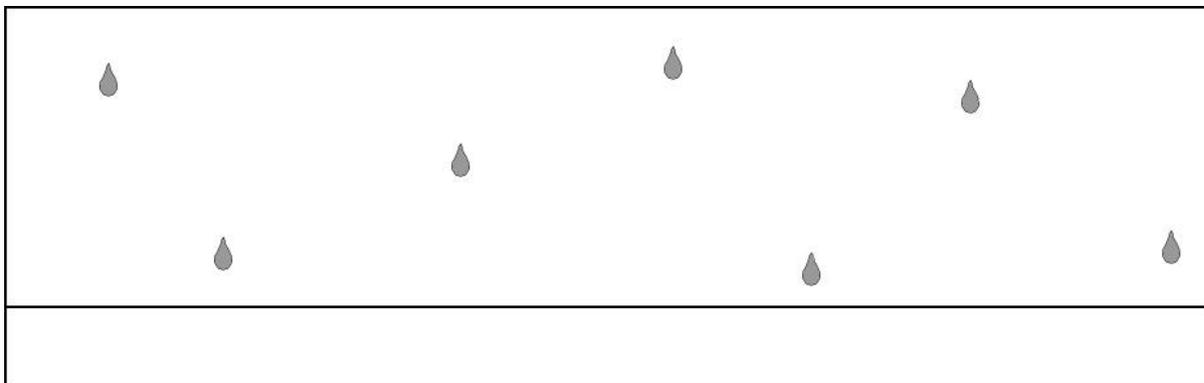
- Como impermeabilizante superficial en túneles, canales, acueductos y piscinas.
- En subterráneos, jardineras, fundaciones, fachadas, balcones, terrazas, muros perimetrales, etc.
- Para impermeabilizaciones de recintos húmedos, como logias, baños, cocinas, etc.
- Sobre radieres y sobrecimientos, como barrera a la humedad por ascensión capilar.

#### Forma de aplicación.

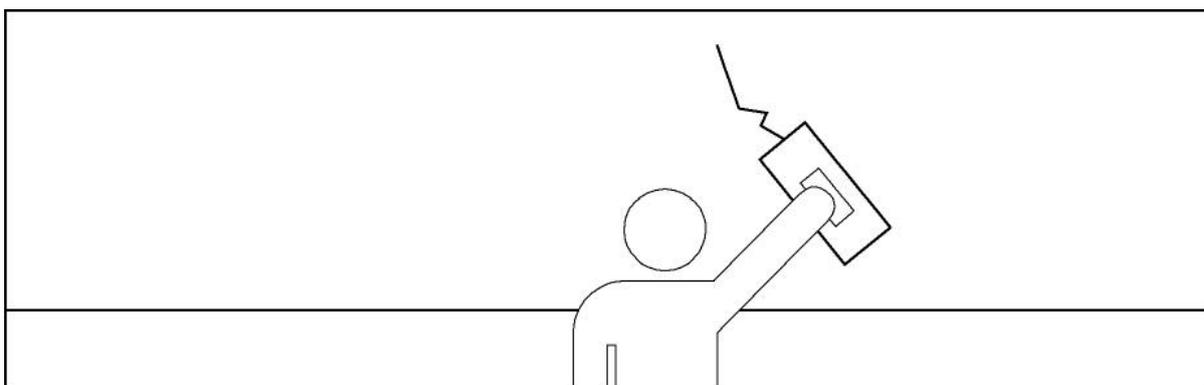
- Es un producto para ser aplicado en 2 manos a razón de 1 Kg/m<sup>2</sup> por mano.
- Antes de la aplicación la superficie debe estar estructuralmente sana y completamente libre de polvo, grasas, aceite y cualquier sustancia que altere la naturaleza del sustrato. Se recomienda limpiar con una dilución de ácido muriático sobre un sustrato humedecido y posteriormente, lavar con agua corriente.



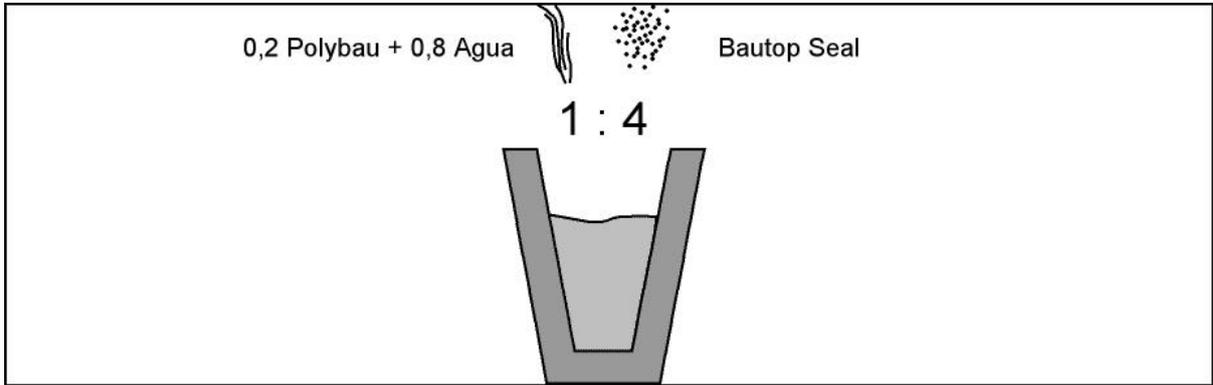
- La superficie debe estar saturada y levemente húmeda al iniciar la aplicación, y con un mínimo de irregularidades para evitar un consumo excesivo del producto.



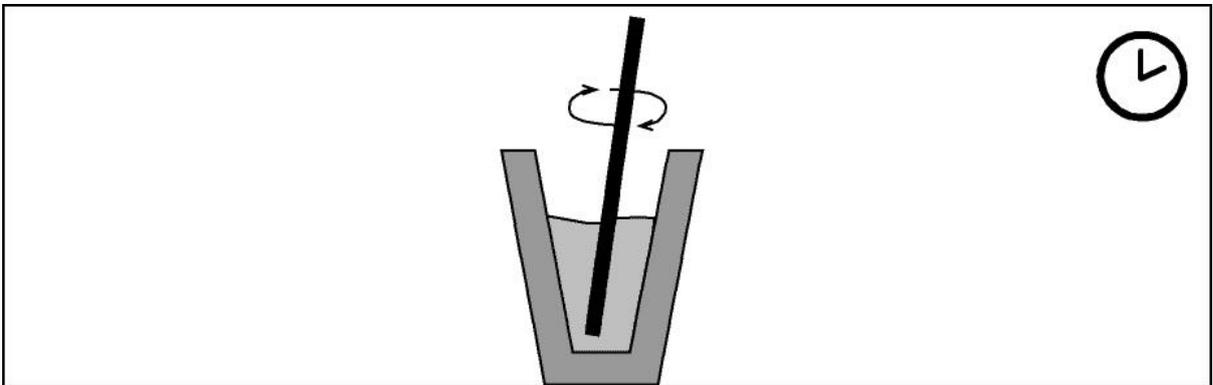
- Si existen grietas o fisuras en la superficie se recomienda repararlas previamente. Cuando la impermeabilización está sometida a presión de agua en forma constante, es conveniente reparar con Bauplug; de otro modo, utilizar Baurepar.



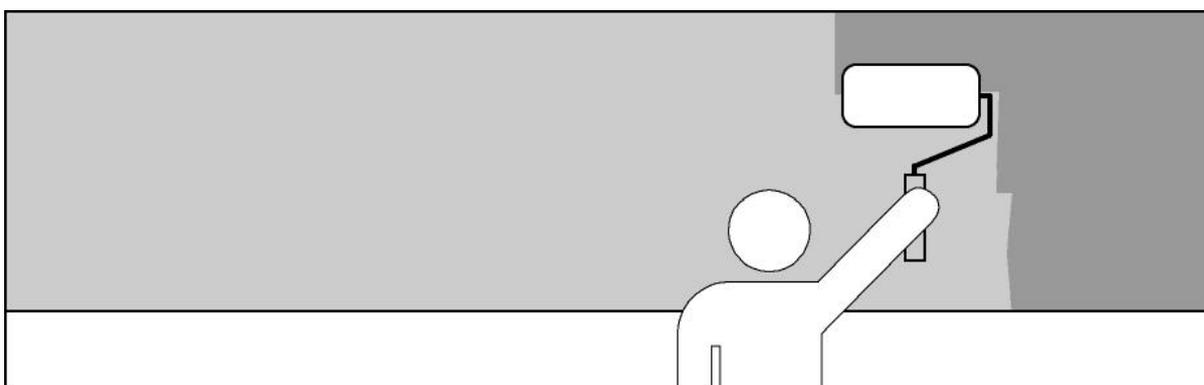
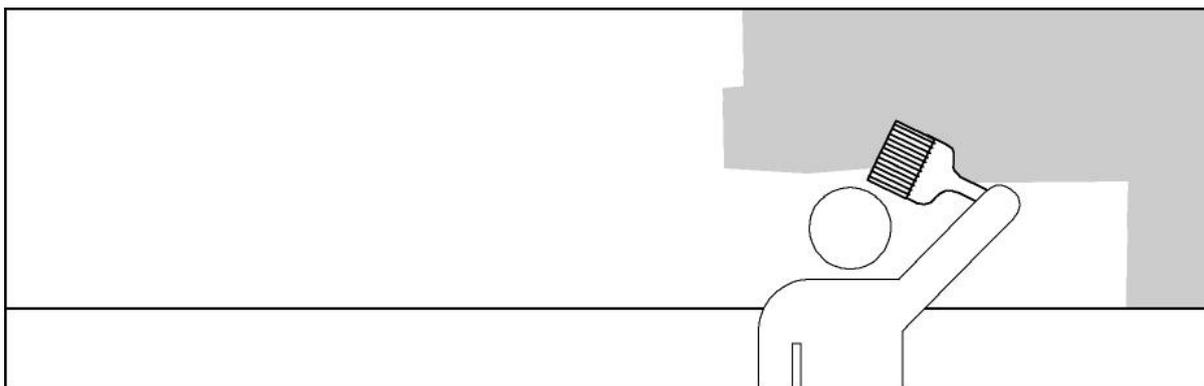
- Es un producto para ser preparado con agua y Polybau (producto complementario de la misma empresa). En un recipiente plástico vaciar 1 litro de Polybau y 4 litros de agua para un saco de 20 kilos. Si no se va a utilizar todo el saco, se recomienda preparar la mezcla en proporción 1: 4 (1 parte de solución por 4 partes de Bautop Seal).



- Mezclar en forma manual o con elementos mecánicos (taladro u otro) hasta obtener una pasta homogénea de consistencia cremosa. Dejar reposar 10 minutos para lograr la hidratación de los componentes, revolver nuevamente y aplicar sobre el sustrato húmedo.



- Es importante que la primera capa de Bautop Seal se aplique con brocha de cerdas duras depositando el producto sobre el sustrato, para sellar toda la porosidad existente. No se aplica como pintura. Después de 24 horas se aplica una segunda mano en dirección perpendicular a la primera, esta vez con brocha, rodillo, llana o cualquier elemento que permita dejar la superficie con la terminación deseada.



- El tiempo disponible para la aplicación de Bautop Seal es de aproximadamente 30 minutos (20°C).

- Después de 48 horas de aplicada la segunda mano, puede ser sometido a condiciones extremas de impermeabilidad.

## **PENETRON.**

### Descripción.

Penetron es un producto formulado para aplicación como pintura que impermeabiliza y protege el concreto al interior. Penetron consiste en cementos Pórtland, arenas silíceas finas y varios químicos activos. Estos químicos reaccionan con la humedad en el hormigón fresco, produciendo una reacción catalítica, la que produce cristales no solubles dentro de los poros y capilares de la mezcla de concreto.

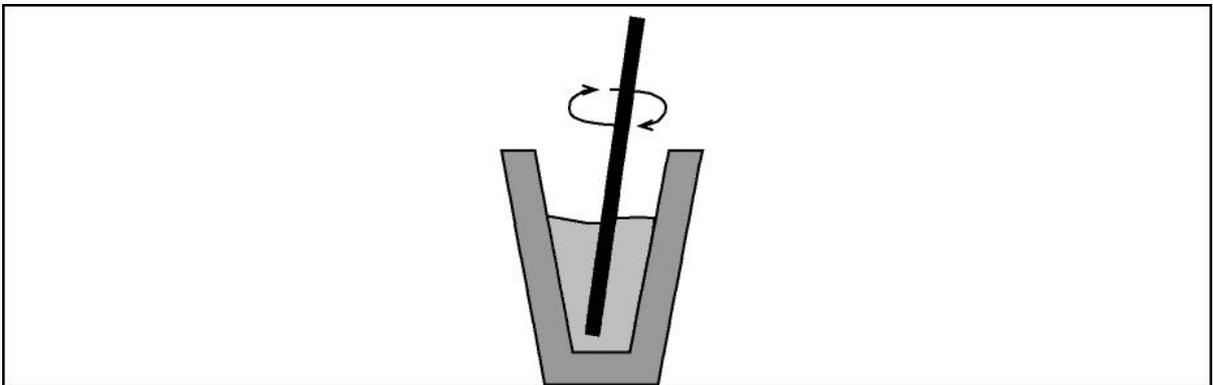
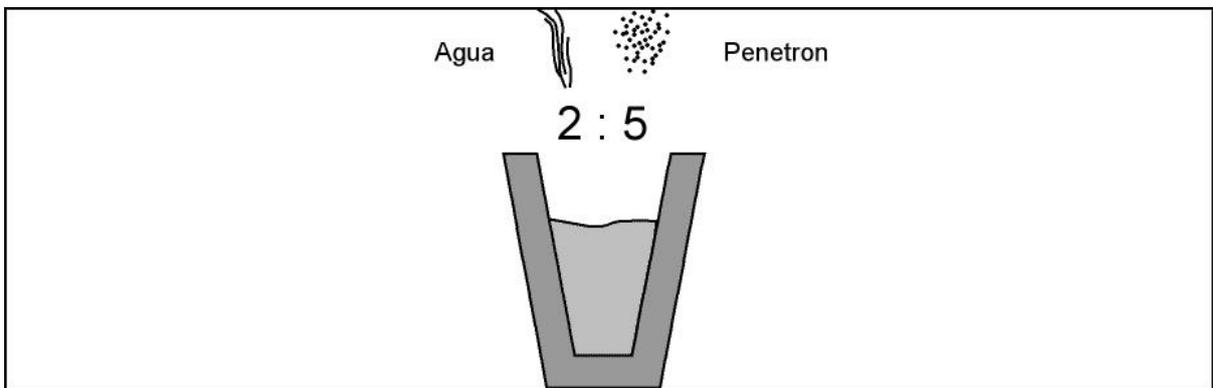
Este concreto queda sellado permanentemente contra la penetración de agua y otros líquidos tanto de presión negativa como positiva. El concreto queda también protegido contra el deterioro por condiciones medioambientales adversas. Permite la salida del vapor desde el interior de la estructura.

### Campo de aplicación.

- Estanques de agua.
- Alcantarillado y plantas de tratamiento de agua.
- Estructuras secundarias de contención de agua.
- Túneles y autopistas subterráneas.
- Bóvedas enterradas.
- Fundaciones.
- Estructuras de estacionamientos.

### Forma de aplicación.

- En cuanto a la dosificación, se recomienda aplicar al 0,8 kgs/m<sup>2</sup> por mano, en dos manos. Una carga mayor de material no garantiza mejor impermeabilidad.
- El mezclado debe realizarse de preferencia con medios mecánicos para asegurar una homogenización del producto, agregando agua limpia hasta obtener una consistencia cremosa. La proporción es de 2 partes de agua por 5 partes de polvo Penetron.



- Se debe mezclar solamente la cantidad de material que va a ser aplicada dentro de los siguientes 20 minutos para que mantenga la consistencia. Si la mezcla comienza a endurecer no se debe agregar más agua, se recomienda volver a mezclar para recuperar la consistencia.

Las empresas pintureras también ofrecen revestimientos para proteger contra la penetración del agua. Lo ofrecido por estas empresas se presenta a continuación.

Sherwin Williams Chile S.A. presenta dos productos para ser utilizados con los objetivos antes mencionados, los que se describen a continuación.

### **SHER PROOF.**

#### Descripción.

Es un sellador acrílico hidrorrepelente que está formulado en base a resinas acrílicas modificadas, de rápido secado y libre de pegajosidad. Tiene una excelente resistencia a la intemperie y a las aguas de lluvia.

Producto formulado libre de plomo, cromo, mercurio y metales pesados. No es tóxico y no contamina el medio ambiente.

#### Propiedades.

1. Producto de tipo acrílico.
2. Acabado semi-brillante, transparente.
3. Su rendimiento es de 20 a 25 m<sup>2</sup>/galón.
4. Se aplica con brocha y rodillo.
5. El diluyente a utilizar es agua, hasta un 10%.
6. El tiempo de secado, a 20°C y 60%HR, es de 1 hora al tacto, 24 horas para endurecer y 8 horas para ser repintado.

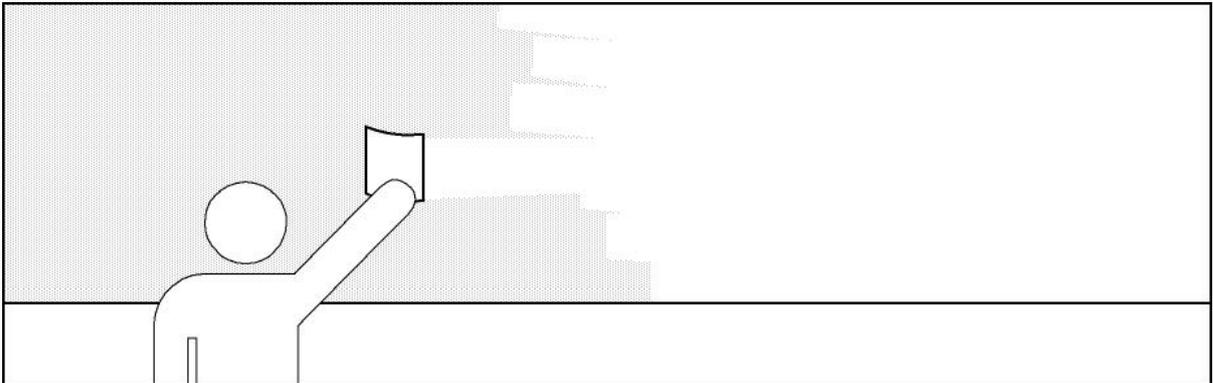
#### Campo de aplicación.

- Aplicable sobre superficies de hormigón o estucadas.

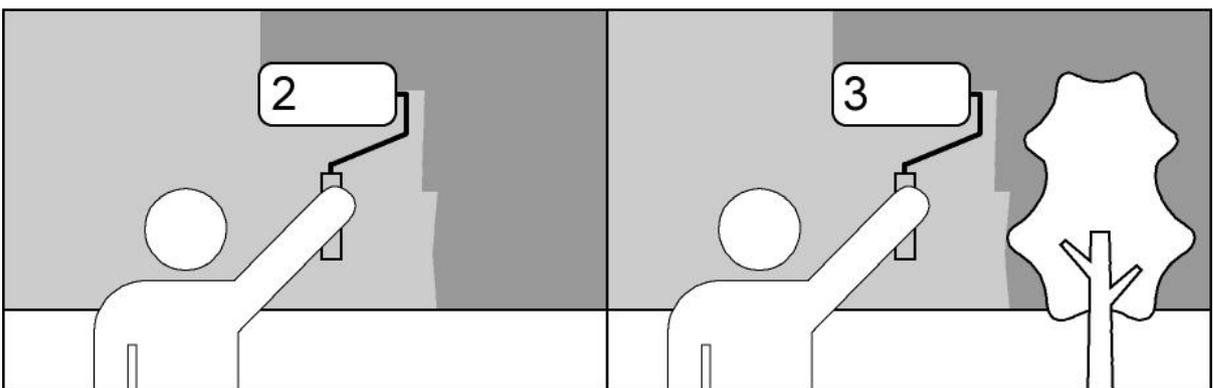
- Aplicable sobre albañilería.
- Aplicable sobre superficies pintadas.

Forma de aplicación.

- Para lograr un buen resultado, las superficies deben estar exentas de polvo, grasa, aceite y secas.



- Al aplicar sobre hormigón o estuco se debe neutralizar las superficies con una solución de ácido muriático, diluido 1:2 con agua para luego enjuagar con abundante agua. Dejar secar por 1 ó 2 días y aplicar dos manos del sellador si es para interior y tres manos si es para exterior.



- Al aplicar sobre yeso, se dejará fraguar y secar durante 15 días. Luego se aplicará una sólo mano del producto, diluido un 10% con agua.

- Para otorgarle a la superficie una buena resistencia al agua, sobre albañilería se aplicarán dos manos de Sher Proof si es para interior y tres manos para exterior.

## **TAR SEALER.**

### Descripción.

Revestimiento de base asfáltica y cargas inertes que le imparten características impermeabilizantes y excelentes propiedades tales como adherencia al acero, hormigón y madera, elevada impermeabilidad y resistencia al agua, no transmite olor ni sabor al agua una vez fraguado, aplicación en frío, alto rendimiento y gran economía.

### Propiedades.

1. Acabado mate.
2. Su rendimiento teórico es de 35 a 40 m<sup>2</sup>/galón.
3. Resiste hasta 80°C de temperatura.
4. Su tiempo de secado a 20°C, es de 2 horas al tacto y de 12 horas para ser repintado.
5. El diluyente más recomendado a utilizar es el R10 614D0500 y se recomienda diluir de un 5% a un 20% en volumen.

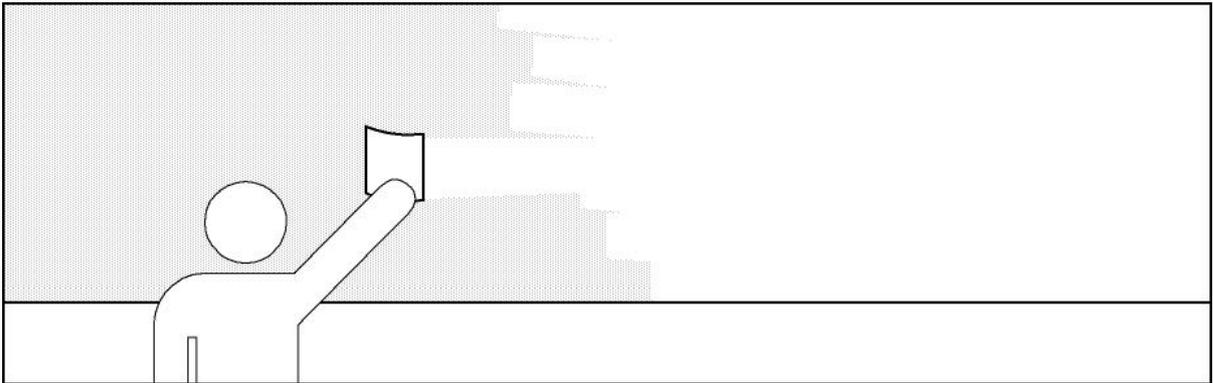
### Campo de aplicación.

- Protección exterior de estanques, cañerías o estructuras de acero, hormigón, fibrocemento o madera que se encuentren sumergidas, enterradas o al aire, sin acción directa de radiación.
- Impermeabilización de cimientos y sobrecimientos, al igual que muros exteriores de subterráneos, fosos, piscinas, etc.

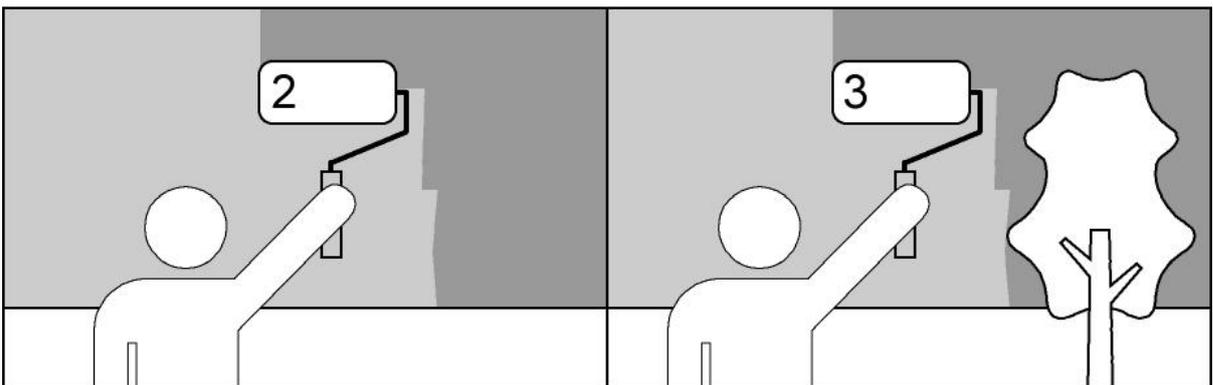
- Se utiliza en la protección interior de estanques de acero, hormigón o madera que contienen agua dulce o salada.

Forma de aplicación.

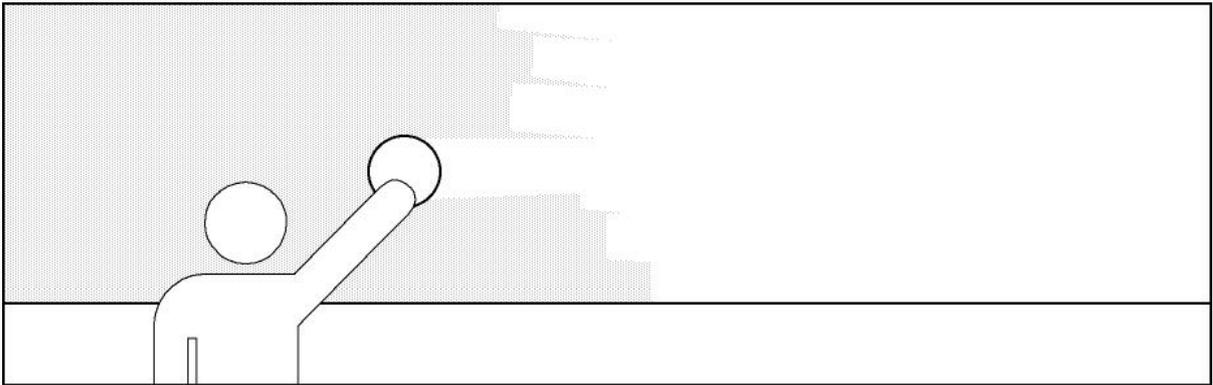
- Para lograr un buen resultado, las superficies deben estar exentas de polvo, grasa, aceite y secas.



- Antes de aplicar sobre hormigón y estuco se recomienda neutralizar las superficies con una solución de ácido muriático, diluido 1:2 con agua, luego enjuagar con abundante agua. Dejar secar por 1 ó 2 días y aplicar dos manos de Tar Seal si es para interior y tres manos si es para exterior.



- Si se aplicará sobre superficies de fierro y acero, deben esmerilarse todas las soldaduras disperejas y aristas vivas de los cantos y eliminar totalmente las salpicaduras de soldadura. Toda presencia de grasas o aceites sobre las superficies a proteger debe eliminarse mediante el uso de detergentes industriales.



Por su parte Chilcorrofin también ofrece dos productos para enfrentar el inconveniente de humedades. Los productos son los siguientes.

### **CHILCOSEAL 28**

#### Descripción.

Es un revestimiento impermeabilizante para hormigón y estuco. Actúa con gran eficiencia contra presiones de agua tanto positivas como negativas. Reacciona con la humedad del muro, formando un complejo químico altamente impermeable al agua, que detiene el paso de la humedad, permitiendo empapelar o pintar al cabo de pocas horas de su aplicación. Forma una película de poro abierto, es decir, permite el paso del vapor de agua, impidiendo el paso del agua en estado líquido. Se aplica incluso sobre el hormigón húmedo.

#### Propiedades.

1. Aplicable sobre hormigón o estuco durante su tiempo de curado, por lo que actúa como membrana de curado.
2. Actúa como fungicida, antihongos.
3. Evita descascaramientos y eflorescencias salinas.
4. Permite su repintado con látex, óleos y esmaltes.
5. Su rendimiento es de 500 g/m<sup>2</sup>.

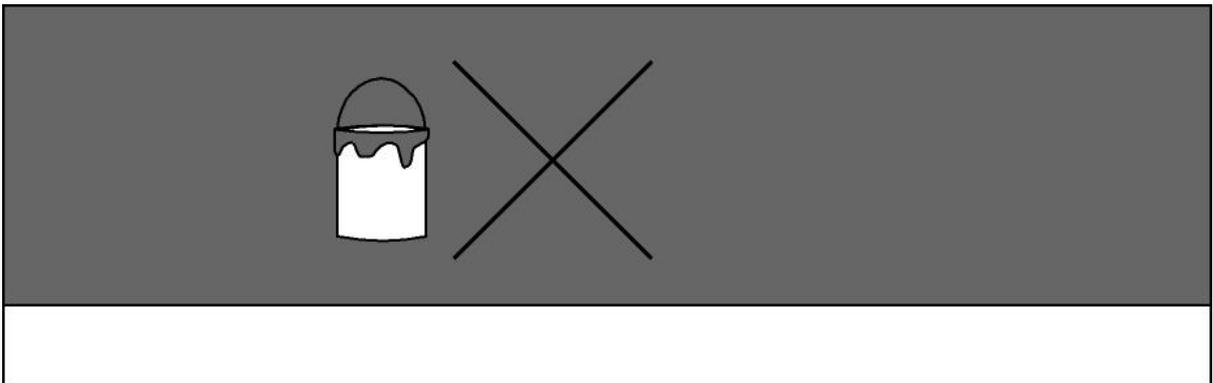
6. El tiempo de secado al tacto a 20°C, es de media hora y el secado duro se espera a las 24 horas.

Campo de aplicación.

- Puede aplicarse en muros, cimientos y sobrecimientos.
- Aplicable en subterráneos, sótanos, baños y cocinas.
- Puede ser utilizado en locales industriales y silos.

Forma de aplicación.

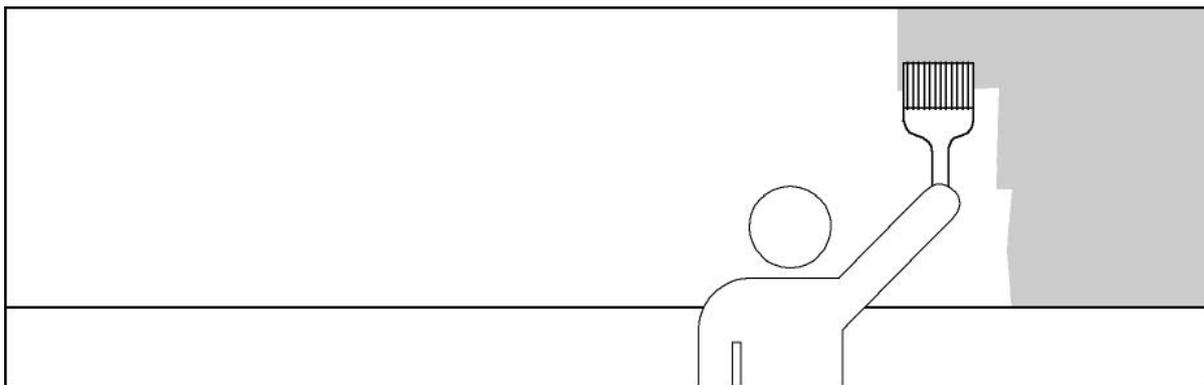
- Chilcoseal no debe aplicarse en superficies pintadas.



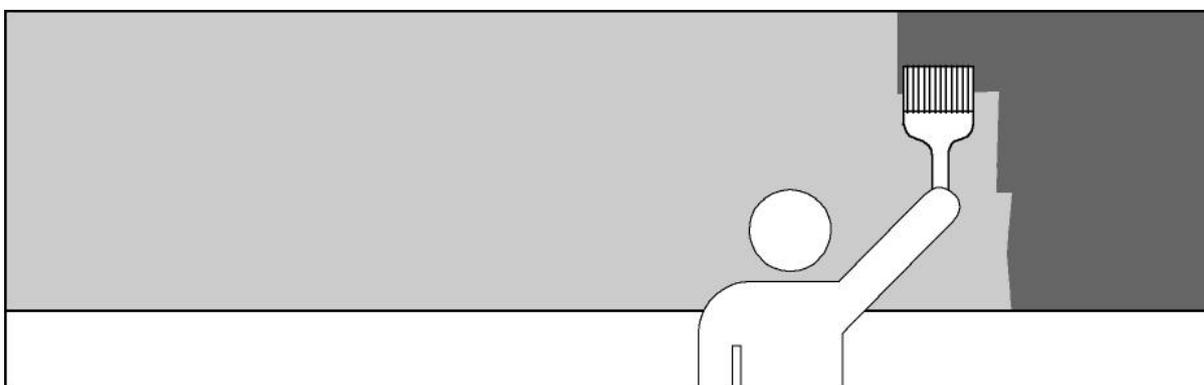
- Eliminar todas las pinturas existentes, en base a escobillas, lijas, espátulas o removedores.



- Si existen, eliminar suciedad, manchas de aceites o grasas con un detergente o desengrasante.
- Enjuagar prolijamente con agua.
- Aplicar una mano de Chilcoseal con brocha.

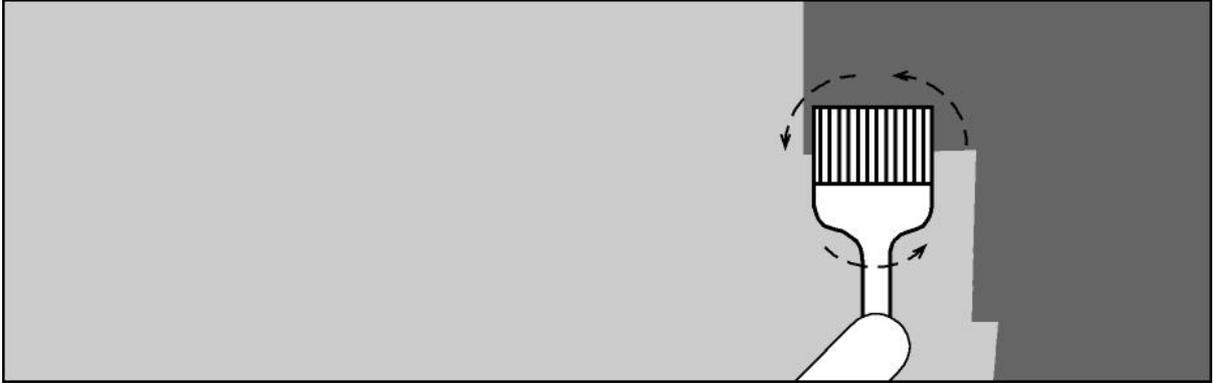


- Dejar secar durante dos horas y aplicar una segunda mano del producto también con brocha.



- Efectuar cada aplicación a razón de 250 gramos por metro cuadrado, sin diluir.

- Utilizar la brocha en forma circular para obtener una buena penetración y una adecuada adherencia.



## **CHILCO DRY**

### Descripción.

Sellador incoloro base agua, formulado con hidrorrepelentes activos y fungicidas, especiales para impermeabilizar y repeler el agua de fachadas o muros expuestos al intemperie, ya sean de ladrillo a la vista, hormigón, estuco o madera, sin pintura o pintados con látex. Impermeabiliza superficial y profundamente, otorga a la superficie una apariencia natural, evita la penetración de humedad, repele el agua y permite que el muro respire.

### Propiedades.

1. Repele el agua de la lluvia.
2. Forma una finísima película plástica permeable al vapor, pero impermeable al agua.
3. Elimina la absorción de agua por capilaridad en muros.
4. Reduce o elimina eflorescencias salinas y actúa como anti-hongos.
5. Aplicable sobre fachadas pintadas con látex.
6. Su rendimiento aproximado es de 30 a 40 m<sup>2</sup>/galón.

Campo de aplicación.

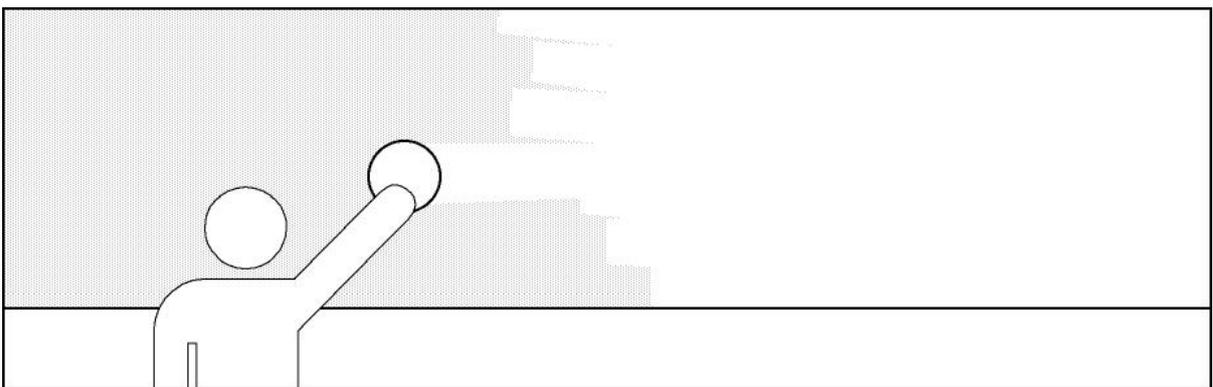
- Aplicable sobre superficies de hormigón, estuco, albañilería o madera.

Forma de aplicación.

- Si la superficie a tratar es de hormigón o de ladrillos a la vista, ésta deberá ser tratada con una solución de ácido muriático, diluida al 10% en agua, para eliminar sales y álcalis superficiales. Lavar, escobillar y enjuagar posteriormente con agua dulce.

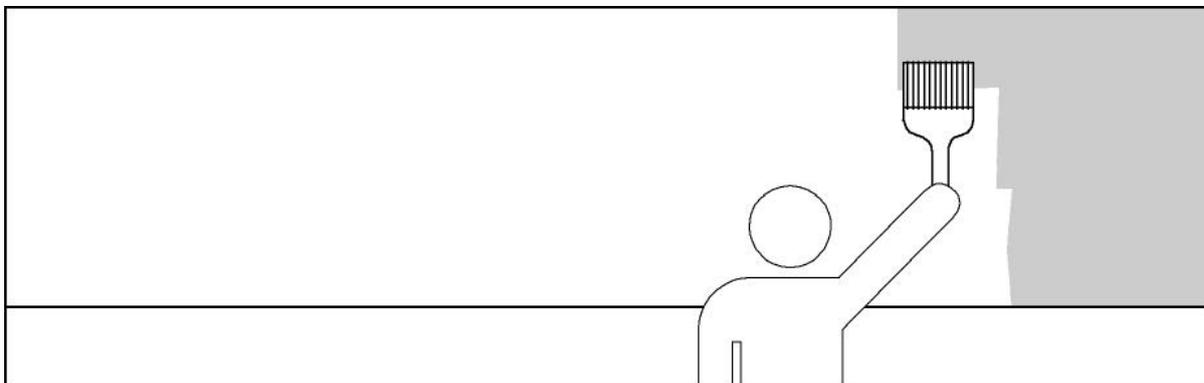


- Si se aplicará a una superficie de madera, debe verificarse que la humedad presente en ella no sea superior al 20%. Además se debe eliminar el polvo, la suciedad y si existen, barnices o esmaltes utilizando lijas o removedores.



- Si la superficie está protegida con látex, éste debe estar en buen estado, sin manchas, firmemente adherido y limpio, de lo contrario hay que eliminar todo el revestimiento suelto y volver a pintar con látex, para terminar aplicando una mano de Chilco Dry.

- Una vez limpio y seco el muro, aplicar una mano de Chilco Dry con pistola o brocha, sin diluir, saturando la superficie a razón de 100 a 150 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.



- Se deberá aplicar comenzando desde la parte superior del muro terminando en la inferior.
- No aplicar una segunda mano porque se repelerá.

Este tipo de solución puede aplicarse tanto bajo presión positiva de agua como bajo presión negativa. El concepto de presión negativa hace alusión a cuando el impermeabilizante es aplicado por el interior de los muros y presión positiva se refiere a cuando es aplicado en la superficie exterior del elemento.

Si es aplicado para actuar bajo presión negativa, no proporciona solución alguna al problema de ascensión de agua ya que lo único que se logra es evitar que el agua aparezca en algún sector del muro pero como se dijo previamente el agua va a encontrar otro lugar por donde aflorar. Si se impermeabilizan todos los muros tampoco puede asegurarse que se soluciona el problema ya que lo único que se está logrando es contener el agua por algún tiempo, después del cual los problemas volverán a aparecer.

Aplicar un impermeabilizante que trabaje a presión positiva resulta ser de mayor utilidad. La mayor eficiencia que se logra actuando de esta manera, con respecto a la lograda si se utiliza bajo presión negativa, dice relación con que se está evitando que el agua penetre en el material por lo que no habrá agua que produzca los problemas de humedad. Hay que tener en cuenta que igualmente esto por sí solo no presenta una solución efectiva ya que se han visto casos en que se impermeabiliza la parte baja de un muro y el agua asciende más de lo que

había logrado hacerlo en un principio y crea los mismos problemas existentes previo a la aplicación del impermeabilizante.

Otro punto desfavorable para los revestimientos impermeables es que para su aplicación es sumamente importante que la superficie donde se aplicará esté absolutamente limpia, lo que en una obra es muy difícil de lograr. Además se necesita realizar un escobillado de la superficie para lograr una mayor adherencia del producto lo que implica un tiempo de trabajo extra no despreciable si las superficies son de gran tamaño.

Por todo lo anterior se recomienda que por ningún motivo se utilice este método como solución única ya que no solucionará los problemas de humedad proveniente del suelo, sólo se recomienda su utilización como complemento a alguna otra medida.

## **5.2 Medidas Correctivas.**

Tal como se dijo previamente, cuando por algún motivo no se tomaron las medidas preventivas necesarias y aparecieron los problemas de humedad en la vivienda, se hace estrictamente necesario tomar acciones en el asunto y realizar las correcciones que sean necesarias para restablecer lo máximo posible, el confort en la vivienda.

A continuación se presentan las soluciones históricamente conocidas para solucionar los problemas de humedad por ascensión capilar.

### **5.2.1 Drenaje.**

Esta solución aplica en la medida que sea posible construir un drenaje para evitar que las aguas del suelo puedan llegar a tener contacto con las fundaciones de la construcción y así evitar un ascenso de dicha agua que pudiera alcanzar los muros de la vivienda.

Los drenajes consisten en una zanja perimetral a la construcción que sirve de desagüe para las aguas presentes en el suelo.

En el fondo de la zanja se ubica un tubo que sirve de cañería para transportar el agua. Esto se logra gracias a que la excavación se rellena con material gravoso y el tubo utilizado debe ser de un material altamente poroso para que el agua pueda ingresar a él.

Los tubos se disponen con una pendiente generalmente cercana al 1% aunque en ocasiones puede incrementarse hasta llegar a un 5% para permitir un buen escurrimiento del agua. Las uniones de los tubos generalmente se dejan abiertas para facilitar el acceso del fluido que al final de su recorrido se encuentra con un colector que puede ser, por ejemplo, la red de alcantarillado.

En la figura 21 se puede observar un ejemplo de una solución de este tipo donde además se utilizó un revestimiento impermeable en la superficie lateral de la fundación.

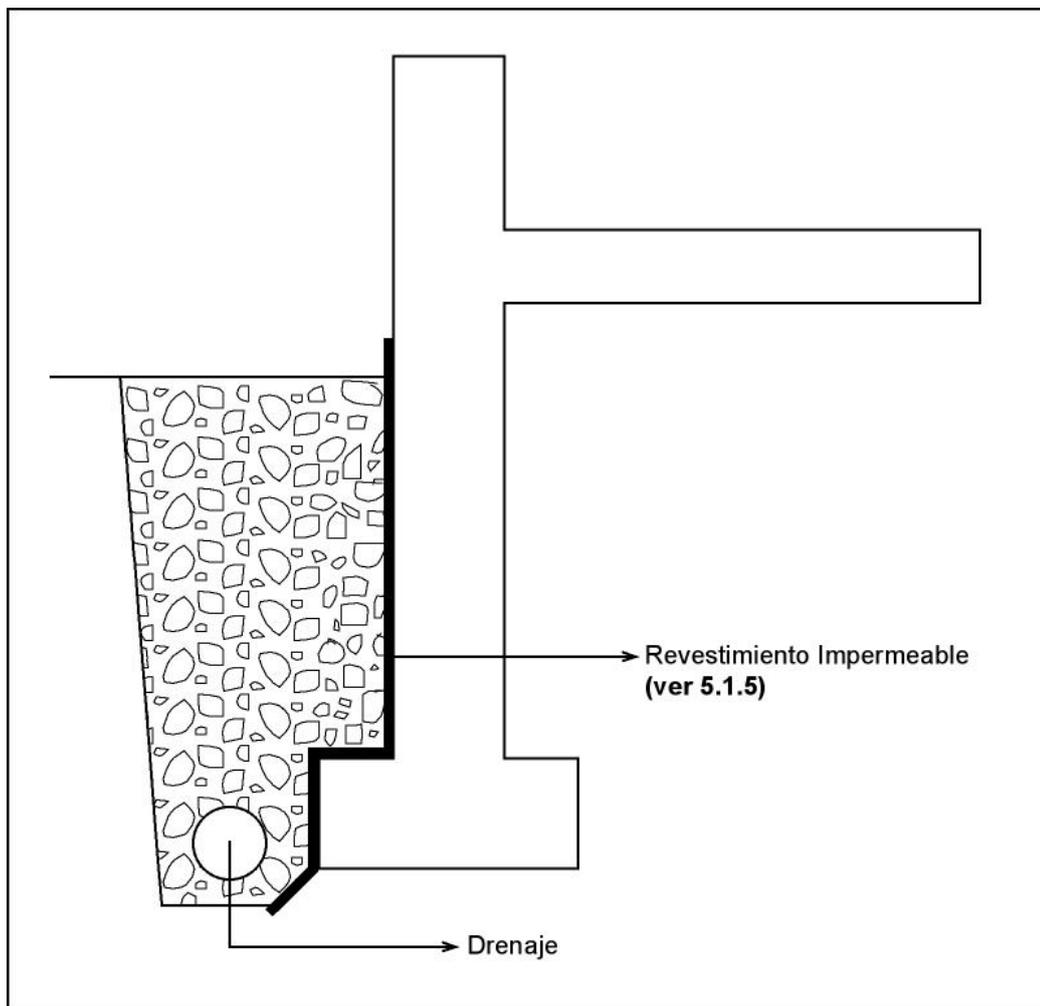


Figura 21. Drenaje y revestimiento impermeable.

Con esta solución se logra bajar el nivel del agua en el suelo lo que permite aumentar el efecto de la gravedad en los capilares. Lo anterior, a veces ayudado por la evaporación de parte del agua, puede contrabalancear los esfuerzos intermoleculares que retienen el agua en un nivel no deseado, logrando llevarla a una cota en la que no genere problemas para la vivienda.

Esta solución es una buena opción por la cual optar si es que se tienen problemas de humedad severos en la vivienda. Su efectividad radica en que se logra bajar el nivel de agua lo que libera la saturación de los muros.

Por otra parte en la época invernal, donde abundan las lluvias y el agua presente en el suelo aumenta de forma considerable, las casas provistas de sistemas de drenaje poseen en él un importante sistema de protección ya que el relleno utilizado para tapar la zanja excavada debe ser un material de alta granulometría lo que permite al agua lluvia pasar a través de él directamente hacia las cañerías ubicadas en el fondo de la excavación para finalmente terminar en el colector de aguas y no en el suelo lo que evita una acumulación y previene de posibles ascensiones.

El problema de esta solución es que el trabajo a realizar para llevarla a cabo no es algo sencillo por lo que tiene que ser llevado a cabo por profesionales con experiencia y el precio puede llegar a ser elevado ya que el trabajo genera un no despreciable movimiento de tierra y es sabido que éste tipo de trabajo es un ítem que presenta un elevado costo.

Hay ocasiones en que personas han optado por realizar este trabajo por sí mismas y los resultados no han sido los esperados. La explicación a esto es que para realizar un buen trabajo de este tipo, tal como se dijo antes, es necesario contar con profesionales experimentados, ya que se necesita calcular por ejemplo, cargas hidráulicas para colocar las cañerías en las ubicaciones necesarias y también se necesita conocer el tipo de material a utilizar para el relleno para que tenga el efecto deseado.

Por lo tanto de todas maneras se recomienda que el trabajo sea realizado por profesionales. De ser así los resultados son buenos y se pueden mejorar aún más utilizando un revestimiento impermeable en los muros de la vivienda para evitar problemas que se puedan generar con el escurrimiento de agua lluvia o de riego a través del material gravoso y que pueda tener contacto directo con los muros.

### 5.2.2 Juntas impermeables.

Esta solución consiste en utilizar láminas impermeables al interior de los muros afectados para cortar la capilaridad. Lo ideal sería realizar este procedimiento en todos los muros de la vivienda, pero como esto puede resultar muy costoso, suele realizarse sólo en los muros afectados.

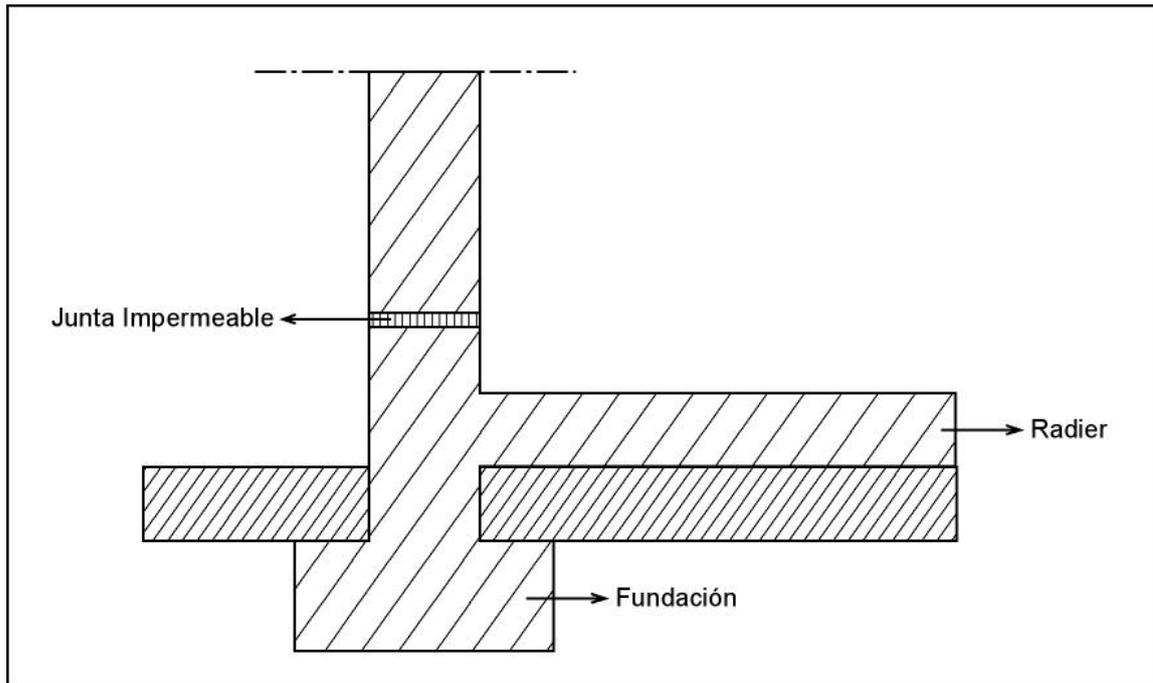


Figura 22. Corte transversal en un muro tratado con juntas impermeables.

La colocación de las láminas (que deben ser de tipo asfálticas o de materiales como plomo, cobre, polietileno, etc.) se efectúa realizando cortes transversales en los muros por tramos no consecutivos de tal forma que el muro nunca permanezca cortado, sin endurecer, en más de un tercio de su longitud total.

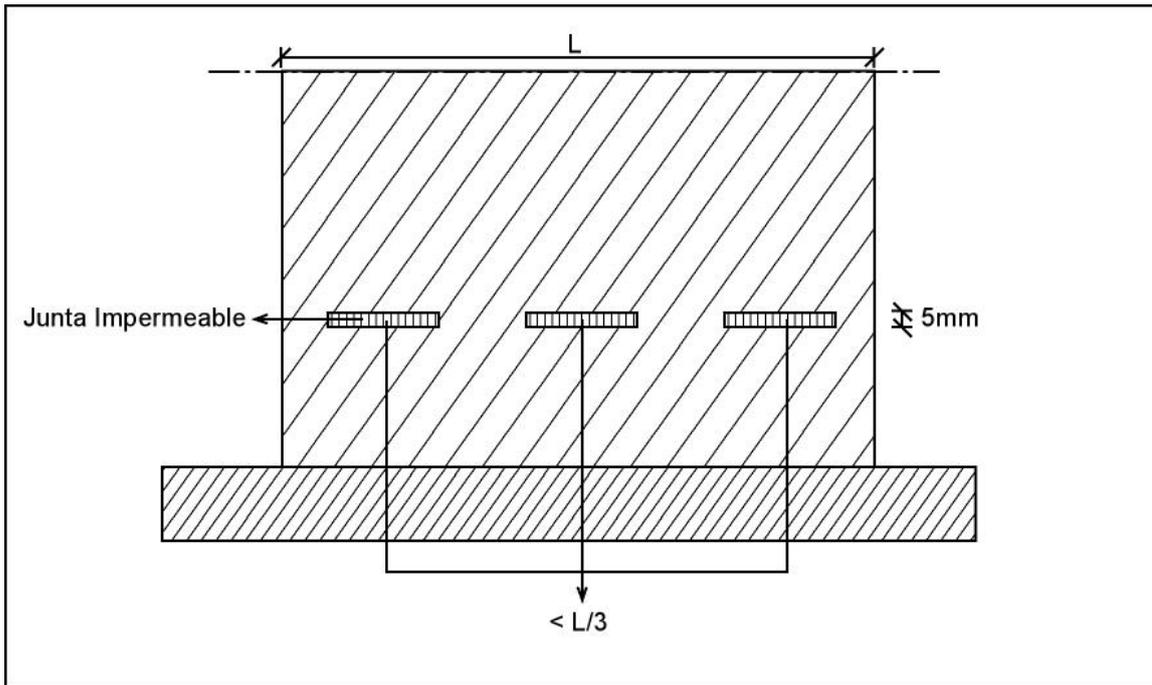


Figura 23. La sumatoria de los cortes en el muro no deben ser mayores a un tercio de su longitud.

Para el caso de la albañilería se presenta una variante a este sistema que consiste en reemplazar dos a tres hiladas de ladrillos por unas nuevas hiladas pero pegadas utilizando un mortero hidrófugo para conseguir la barrera impermeable deseada.

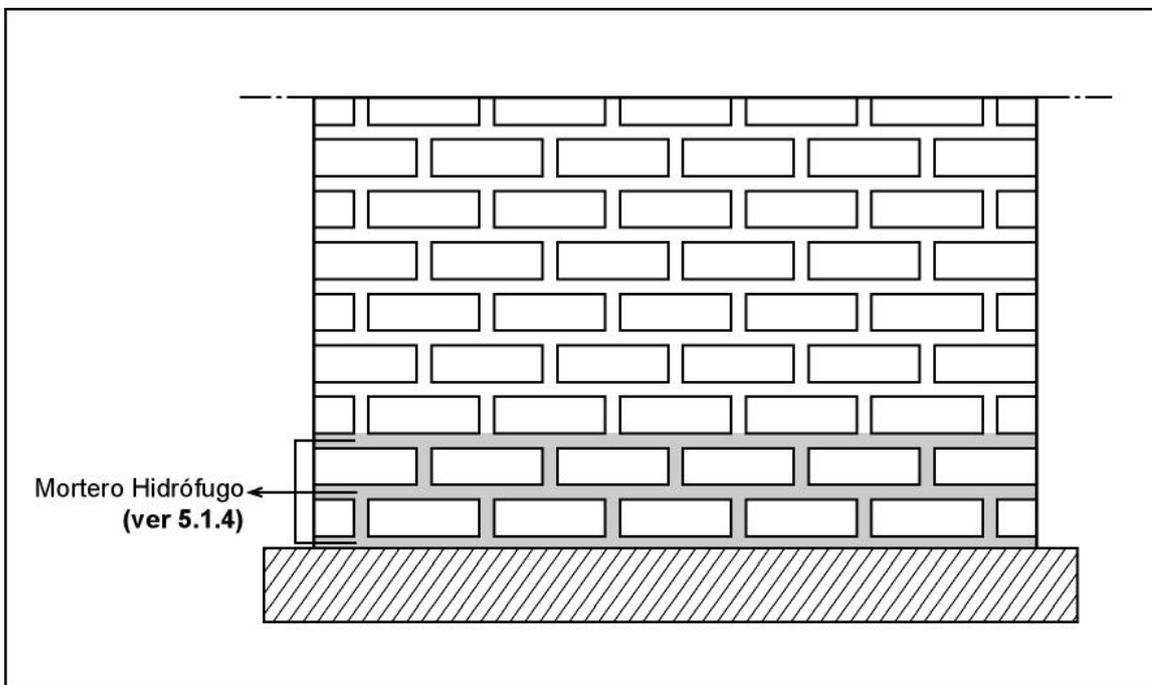


Figura 24. Reemplazo de mortero común por uno hidrófugo en un muro de albañilería

Las juntas impermeables se usaron en el pasado para solucionar problemas de humedad. Más que una solución al problema de humedad por ascensión por capilaridad es una forma de contener el agua en la parte baja del muro.

Como se ha dicho en reiteradas oportunidades si el agua encuentra algún obstáculo en su camino lo más probable es que encuentre algún otro lugar por donde subir y los problemas de todas maneras volverán a aparecer. Es por esto que si se decide por esta opción lo recomendable es realizarla en todos los muros de la vivienda que estén en contacto con el suelo húmedo.

Un inconveniente que presenta esta solución es que se trata de un procedimiento absolutamente invasivo y destructivo, lo que además de hacerlo muy molesto para las personas que habitan la vivienda, hace que su costo sea elevado ya que se necesita destruir partes del muro y luego realizar las reparaciones necesarias.

Otro punto negativo es que si se aplica este procedimiento en suelos con permanente humedad, el agua se va a contener a cierto nivel y se va a acumular a nivel de cimientos lo que en un espacio de tiempo prolongado puede debilitar dichos elementos frente a la acción de solicitaciones imprevistas como los sismos.

Por todo lo anterior se recomienda optar por alguna otra de las opciones expuestas en este trabajo.

### **5.2.3 Método electro-osmótico.**

Este procedimiento se aplica en construcciones de albañilería ya que se basa en los potenciales eléctricos generados en la albañilería que son de signo positivo a nivel del suelo y negativo en el muro.

Al aplicar corriente continua a un elemento poroso, se puede trasladar agua a través de él. A este fenómeno se le denomina electro-osmosis.

Teniendo en cuenta que el desplazamiento del agua a través de un elemento se realiza desde la zona de potencial eléctrico positivo hacia la zona de potencial negativo, se deduce que

el fenómeno de la electro-osmosis crea un flujo ascendente de agua que se suma al producido por la capilaridad.

El método electro-osmótico invierte las polaridades de dichos potenciales eléctricos, situando el positivo en el muro y el negativo a nivel del suelo. Haciendo esto se pretende hacer descender el agua en el muro o al menos contrarrestar el ascenso por capilaridad.

Según desde donde sea la fuente del potencial utilizada, el método se divide en pasivo o activo.

En la electro-osmosis pasiva sólo se utilizan los potenciales generados por la albañilería y la fundación. Para inducir la polaridad deseada se insertan una serie de electrodos de cobre, al nivel del muro en el que se aprecia la humedad, a intervalos regulares de entre 30 y 60cm. Éstos se conectan a través de un alambre de cobre soldado a ellos. En el sector inferior del muro se realiza la misma operación y finalmente se conectan los dos niveles de electrodos con uno o más alambres de cobre aislados (figura 25).

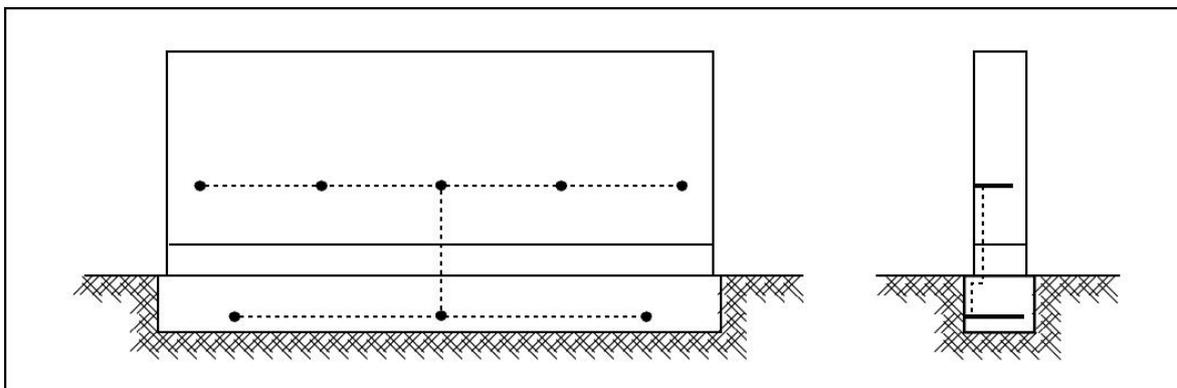


Figura 25. Electro-osmosis pasiva.

La electro-osmosis activa es equivalente al método anterior salvo que se utiliza una fuente externa de poder para generar una corriente continua con una diferencia de potencial mayor a la obtenida en forma natural (figura 26).

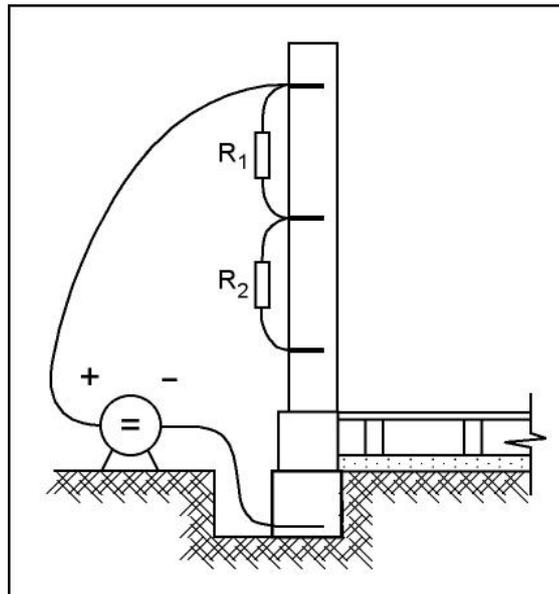


Figura 26. Electro- osmosis activa.

Dentro de las soluciones correctivas, ésta una de las que mejores resultados ofrece ya que lo que se logra mediante su uso es hacer descender realmente el nivel del agua presente en el muro, a través del uso del cambio de polaridades albañilería-suelo.

El primer inconveniente que presenta este tipo de solución es que sólo puede ser utilizada en construcciones de albañilería por lo que no se aplica en viviendas hechas en base a hormigón.

Un segundo inconveniente es que para llevarlo a cabo se debe proceder a excavar para llegar a los cimientos de la casa para insertar los electrodos correspondientes a ese nivel lo que hace que sea una solución invasiva. Esto se aumenta si se considera que se deben insertar los electrodos a través de todos los muros de la edificación.

Otra desventaja que existe es que este método se aplica en el exterior de los muros por lo que los electrodos quedan expuestos a ser maltratados ya sea por las condiciones climáticas como por las mismas personas que pueden romper algunas conexiones lo que perjudicaría el funcionamiento de todo el sistema.

Por último puede observarse que la disposición de los electrodos afecta también la estética de la vivienda. Obviamente las construcciones que se ven afectadas por problemas de humedad por ascensión capilar ya tienen un daño estéticamente severo por lo que optar por los

electrodos para superar el daño presente es una buena opción. Pero puede optarse también por alguna opción que estéticamente pase inadvertida.

#### 5.2.4 Cámaras de aire exteriores.

Esta solución se recomienda en muros de sótanos y consiste en separar el muro del terreno dejando, tal como el nombre lo indica, un espacio de aire que permite aislar el muro. Esta separación se puede lograr a través de placas de hormigón prefabricadas que tengan la resistencia necesaria para contener el empuje del suelo que se desplaza.

En la figura 27 se aprecia como se vería este tipo de solución aumentando su efectividad con la construcción de un drenaje y la utilización de un revestimiento impermeable en la superficie lateral de la fundación que queda en contacto con el relleno.

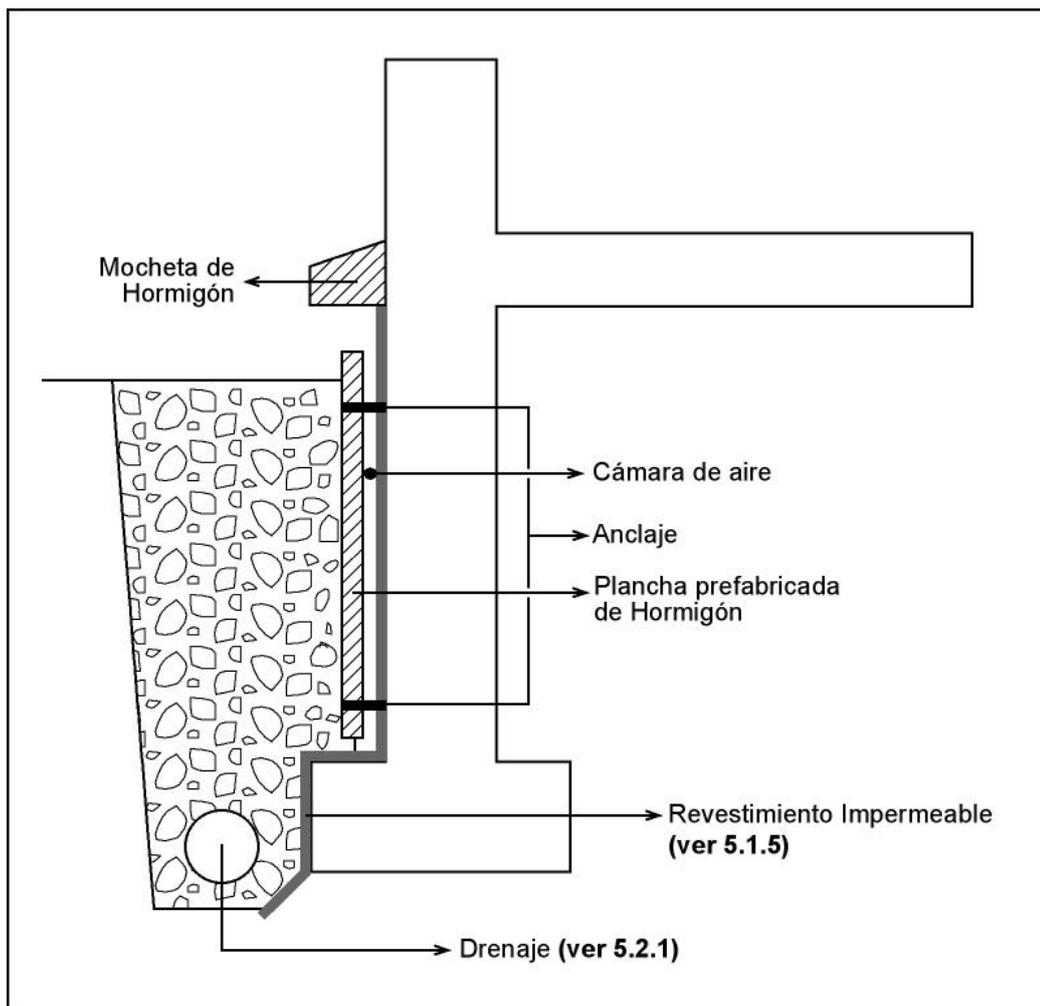


Figura 27. Cámara de aire, drenaje y revestimiento impermeable

La mocheta de hormigón se construye con el objetivo de evitar el ingreso de agua lluvia o de riego a la cámara de aire. Si el agua ingresara de igual manera, ésta escurriría a través de la abertura que se deja en la parte inferior y se evacuaría a través del drenaje. El revestimiento impermeable impide que el agua que pueda resbalar a través del muro penetre en él y provoque problemas de humedad. La plancha prefabricada se une al muro a través de anclajes para fijar su posición.

Un punto en contra que presenta esta solución es que el método constructivo para realizarla es bastante complejo ya que se necesita hacer una excavación de un ancho no menor para luego ubicar el tabique de hormigón que debe ser capaz de resistir el empuje de tierra del suelo que contendrá, lo que puede ser un peligro para quien lo haga por posibles derrumbes del suelo circundante a la vivienda ya que está pensada para muros de subterráneos.

Su eficiencia se basa en que se evita el contacto muro suelo mediante el uso del tabique que actúa como muro de contención ante el suelo que previamente estaba en contacto con el muro, lo que claramente resulta beneficioso.

Tal como muestra la figura 27 su eficiencia puede aumentarse a través del uso de soluciones complementarias como los revestimientos impermeables y los drenajes para evitar apozamientos de agua.

Cabe destacar que no se encontraron empresas en plaza que ofrezcan este tipo de solución por lo que tendrían que realizarse en forma particular.

### **5.2.5 Inyecciones.**

Este procedimiento se basa en romper definitivamente la red de capilares del material del que se construyó el muro. Lo que se hace es perforar el muro a través de una serie de agujeros de 10mm de diámetro distanciados a 10 o 15cm uno de otro.

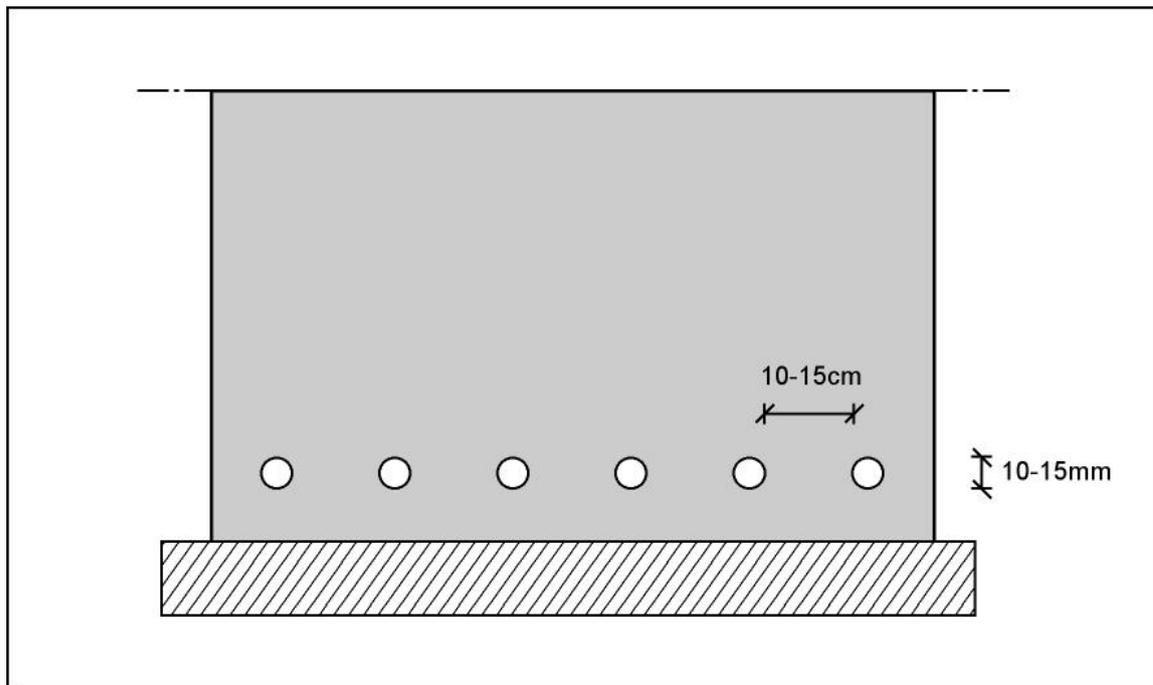


Figura 28. Vista frontal de un muro listo para ser inyectado.

Existen dos tipos de inyecciones que se pueden realizar, las por presión y las por gravedad. El procedimiento a seguir en los dos tipos es el mismo y la única diferencia radica en el compuesto que se inyecta al muro.

En el primer tipo se inyecta a presión una mezcla de látex de caucho y siliconato de sodio que por efecto de la presión ingresa al muro y va rellenando los capilares evitando una posterior ascensión de agua a través de ellos.

En el segundo tipo, los agujeros deben realizarse inclinados hacia abajo a medida que van ingresando al muro. Se vierte una solución impermeabilizante de baja viscosidad que gracias a la inclinación y al efecto de la gravedad se difunde a través del elemento.

Este tipo de solución podría decirse que es la evolución de las juntas impermeables, analizadas en el punto 5.2.2.

Estos compuestos existen de distinta naturaleza, poliméricas, cementicias o en base a silicona, pero su funcionamiento es para todas igual y está basado en obstruir la red de capilares presentes en el material, ya sea hormigón o albañilería.

En el caso del hormigón los orificios a través de los cuales fluirá el compuesto, tienen una contra no menor. En las viviendas es muy poco probable que se tengan copias de los planos de las enfierraduras utilizadas para armar los muros por lo que es muy fácil que en las cabezas de muros al perforar se encuentren con los fierros lo que no es recomendable estructuralmente (se pierde el hecho de ser monolítico, factor importante en las puntas de muro ya que son los lugares que trabajan a flexión) ni tampoco desde el punto de vista de la solución propuesta ya que el fluido no podrá penetrar todo lo que se busca.

En el caso de la albañilería, se ha comprobado que la humedad asciende principalmente por el estuco utilizado para unir los ladrillos. Es por esto que lo que se usa en casas construidas con este material es perforar en los encuentros de mortero, de manera de bloquear todos los posibles pasos del agua.

En ambos casos se recomienda realizar el tratamiento en todos los muros de la vivienda y no sólo en los afectados, ya que si se bloquea el paso del agua en un sector, ésta fácilmente puede encontrar el camino para ascender por otro sector donde en un principio, no se apreciaban problemas de humedad.

Un punto en contra que tiene este procedimiento es que es muy destructivo. Hay que pensar que la vivienda no va a dejar de estar habitada durante el desarrollo de los trabajos y resulta sumamente molesto tanto estética como acústicamente que perforen todos los muros del hogar. Hay que decir a favor, que una vez inyectados los productos, se puede volver a revestir el muro con las terminaciones que se deseen y no quedan huellas del trabajo realizado.

Oro punto negativo es que tanto en construcciones de hormigón como de albañilería, es necesario llegar a la parte más baja posible del muro para realizar las inyecciones de manera de detener el agua en la cota más baja posible. Esto hace que para realizar el trabajo sea necesario excavar para llegar a cimientos y fundaciones lo que claramente destruye jardines y se torna una molestia para los habitantes de la casa.

Al igual que en la solución 5.2.2 Juntas impermeables, otro punto en contra es que si se aplica este procedimiento en suelos con permanente humedad, el agua se va a contener a cierto nivel y se va a acumular a nivel de cimientos lo que en un espacio de tiempo prolongado puede debilitar dichos elementos frente a la acción de solicitaciones imprevistas como los sismos.

La ventaja de esta técnica es que se han visto muy buenos resultados en lugares donde se ha aplicado, logrando disminuir los efectos dañinos de la humedad. Este tipo de procedimiento no elimina los problemas de humedad por ascensión capilar ya que no elimina el agua del suelo sino que sólo la contiene a una cota baja y le impide ascender por lo que los problemas no se hacen visibles.

### 5.2.6 Sifones de Knapen.

Este sistema propone extraer la humedad del muro a través del aumento de la evaporación del agua contenida en el elemento. Para lograr esto lo que se hace es perforar el muro a unos 15cm del suelo y cada 40cm. En los orificios se ubican tubos porosos de diámetro interior de 3cm que atraviesan el muro conectando el exterior con el interior. La colocación de los tubos debe realizarse con una inclinación de 15° hacia el exterior para facilitar el flujo del aire para lograr el secado del muro.

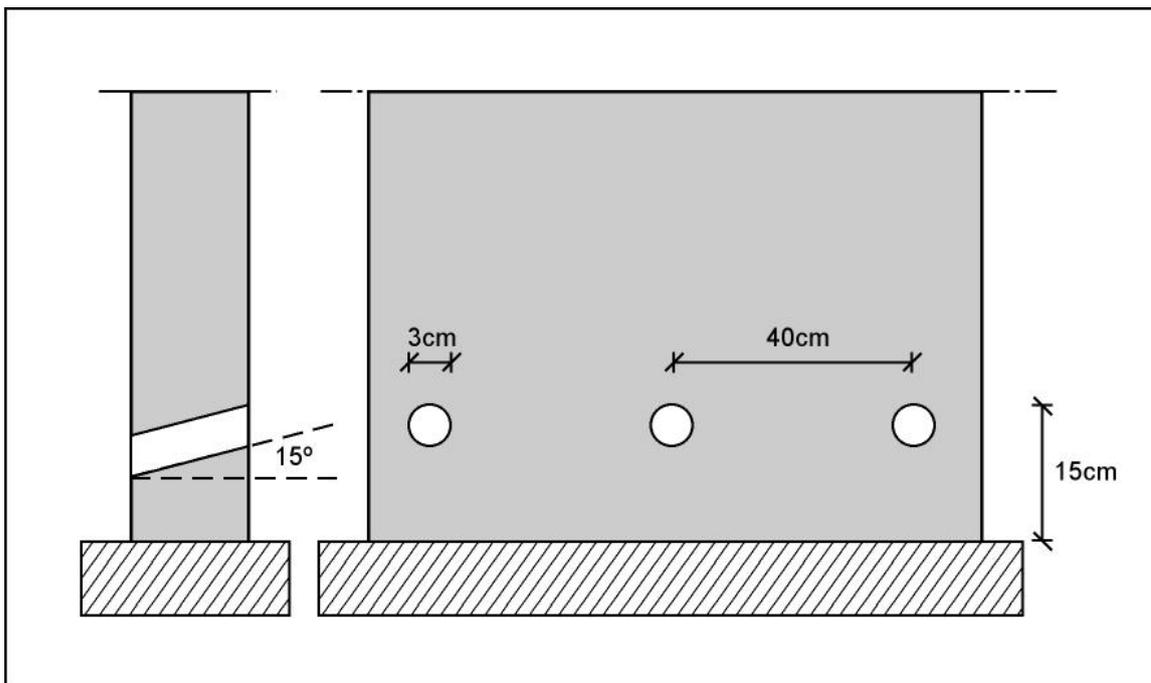


Figura 29. Vista frontal y lateral de un muro tratado con sifones knapen.

Este sistema por sí solo no demuestra ser una solución ya que el agua seguirá ingresando a los muros que estén en contacto con el suelo.

Lo único que se logra es un mayor flujo de aire a través de los elementos lo que aumenta la evaporación del agua contenida en los muros. Los problemas de eflorescencias no se eliminarán con este método ya que el agua seguirá transportando sales solubles que cristalizarán y se depositarán al momento de evaporarse el agua y como el agua no se elimina, las eflorescencias continuarán apareciendo en el interior de la vivienda, ya sea de hormigón o de albañilería.

Este procedimiento puede ser recomendable como complemento de algún otro para un secado más rápido y continuo de muros húmedos, por ejemplo si se opta por la solución 5.2.5 Inyecciones, se detendrá el flujo de agua y para mejorar la ventilación del muro y apurar el secado del mismo, puede recurrirse a este tipo de solución.

Hay que tener en cuenta que el procedimiento es de tipo destructivo y que hay que perforar todos los muros por lo que hay que estar dispuesto a soportar este tipo de intervención.

### **5.2.7 Cámaras de aire interior.**

Este método consiste en construir un tabique tapando la cara interior del muro pero dejando una separación de 3 a 5cm, espacio que compone una cámara de aire.

Previo a la instalación del tabique es necesario realizar perforaciones en el muro las que permitirán renovar el aire de la cámara y mantener un flujo de dicho fluido que facilitará la evaporación del agua contenida en el elemento manteniéndolo menos húmedo.

Para que lo anterior tenga el efecto deseado es necesario dejar aberturas en la parte inferior del tabique para permitir el paso del aire.



Un hecho que hace que esta solución sea aún menos deseable que la anterior es que se reduce el espacio interior de la construcción lo que en casas de poca superficie puede llegar a ser inaceptable.

## Capítulo 6: Conclusiones y comentarios.

Una vez realizado este trabajo se concluye que los problemas provocados por la humedad proveniente del suelo en las viviendas, existen y afectan a cuatro de cada diez viviendas en la provincia de Santiago. Frente a esto la principal explicación es que durante el proceso constructivo de las viviendas afectadas muy probablemente no se tomaron las medidas preventivas necesarias y que las soluciones correctivas no logran erradicar dichos problemas.

Como una forma de aportar al conocimiento público acerca de las soluciones existentes y luego de haber sido estudiadas y valorizadas en cuanto a sus efectividades, a continuación se explicita un correcto procedimiento a seguir para evitar estos inconvenientes.

- Lo principal para evitar tener problemas por humedad proveniente del suelo es prevenir. Por ende, al momento de realizar un proyecto, sin importar la magnitud que éste tenga, es imprescindible realizar a través de un profesional idóneo un estudio formal del suelo sobre el cual se construirá, ya que no sólo basta con revisar estudios hechos con anterioridad porque la humedad del suelo varía considerablemente con el paso del tiempo.

- Si los resultados del estudio realizado sugieren que la humedad del suelo puede llegar a afectar la futura construcción, se debe proceder a elegir el mejor método para lograr aislar las fundaciones de la vivienda para así evitar el contacto entre el suelo y los materiales de construcción.

- Dicha elección debe ser tomada en base a los recursos que se pueden invertir y a la eficiencia de los métodos ofrecidos. Se recomienda utilizar una solución del tipo de membranas impermeables. Si además se está en presencia de napa superficial, es recomendable realizar un drenaje para bajar dicho nivel.

- En las viviendas donde, lamentablemente, se hayan presentado problemas de humedad por ascensión capilar del agua presente en el suelo, es prácticamente imposible eliminar la fuente de los problemas que es el agua presente en el suelo. Las soluciones disponibles son básicamente de carácter paliativo lo que quedó demostrado con los resultados de la encuesta

donde **ningún** encuestado aseguró haber podido solucionar en un 100% los problemas provocados por este tipo de humedad.

- Entre las soluciones correctivas estudiadas lo más recomendable es realizar un drenaje para disminuir el nivel de agua y evacuarla, o aplicar inyecciones para romper la red de capilares de los materiales y así lograr mantener controlada la ascensión del agua complementando con el uso de sifones de Knapen para mejorar la ventilación de los muros afectados y con esto aumentar la evaporación del agua.

Como complemento a lo anterior es necesario destacar que la ventilación juega un papel fundamental en todas las soluciones para los problemas de humedad. Un ambiente que ha sido atacado por este problema se transforma en un lugar que por naturaleza posee cantidades de agua mayores a las normales. La ventilación es una gran ayuda ya que permite aumentar los niveles de evaporación de agua de los elementos. Es por esto que se recomienda siempre tener en consideración que los lugares donde se aplique algún tipo de solución contra la humedad debe considerarse además un mejoramiento en los sistemas de ventilación.

Como comentario final de este trabajo de título vale la pena señalar que después de todo lo estudiado y analizado con personas relacionadas de una u otra forma con el tema en cuestión se puede afirmar que el mayor problema que hay que combatir no es la humedad sino la adecuada formación de los profesionales que están a cargo de las obras que se construyen en nuestro país.

Todas las veces que se presentan problemas por humedad proveniente del suelo en una vivienda, sin importar el material del cual esté hecha, significa directamente que hubo una falla de parte del profesional a cargo, ya sea porque no protegió como debía la construcción o porque la elección del método de protección no fue la indicada.

Generalmente la omisión de medidas preventivas se realiza por ahorrar dinero en el proyecto. Este es un tipo de ahorro mal entendido ya que proteger la vivienda no es un gasto para la constructora sino que es una inversión porque quien finalmente pagará por esto es el usuario final. Según mi punto de vista cualquier persona está dispuesta a pagar un precio algo más elevado si es que eso significa poder gozar de un hogar con las condiciones básicas de confort aseguradas.

Lo que sí es un gasto es lo que desembolsan los propietarios, y que no deberían hacerlo, en combatir los problemas de humedad en viviendas existentes. Basándose en los datos de la encuesta y bajo el supuesto de que todas las personas buscan solucionar los inconvenientes utilizando revestimientos impermeables, anualmente se bota más de cuatro millones de dólares a la basura ya que los problemas se solucionan pero al año siguiente es necesario volver a pintar, acción que se debe repetir anualmente. Este es un gasto en el que ningún usuario debiera incurrir y que perjudica en mayor medida a los propietarios de menores ingresos ya que no tienen los medios para solventarlo.

Dado lo anterior es que parte del problema planteado recae en la Autoridad. Esto porque lamentablemente no se cuenta con una normativa que regule u obligue a tomar medidas preventivas efectivas contra la humedad. Hasta hace corto tiempo tampoco existían normas que hablaran del confort térmico de una vivienda, pero gracias al trabajo de personas dedicadas a este tema se han logrado normas para regular tanto la aislación acústica como la térmica. Esto ha permitido mejorar considerablemente el confort de las viviendas sociales, que son las que más sufren los rigores climáticos ya que al estar condicionadas a realizarse con los menores costos posibles, muchas veces se deja de lado cosas básicas como una mínima aislación. Es por esto que se hace un llamado a la Autoridad para lograr la creación de una norma que proteja los derechos de los usuarios frente a fallas constructivas no sólo del tipo de cálculo, sino también de serviciabilidad para asegurar un buen comportamiento de la vivienda frente a problemas de humedad.

Por último, otra parte del problema recae en las universidades ya que durante los años de estudio si bien se hace hincapié en la formación calculista del ingeniero, muchas veces se deja de lado la parte habitabilidad que por ningún motivo debiera considerarse como algo menos importante, ya que esta área es la que se preocupa de que finalmente los usuarios puedan vivir en buenas condiciones en su vivienda. De nada sirve una vivienda que soporte todas las solicitaciones a las que es sometida si es que no cuenta con una buena defensa contra la humedad, aislación térmica, acústica, entre otros. Así como tampoco sirve una casa que cumpla con esto último si es que no resiste una solicitación sísmica.

Es por esto que las dos ramas de la ingeniería civil mencionadas anteriormente deben estar finamente ligadas para que todos los estudiantes que se titulen tengan el conocimiento necesario para resolver tanto problemas de cálculo como de habitabilidad.

## Capítulo 7: Bibliografía.

### 7.1 Libros y documentos.

1. Morales Guajardo, Gustavo Adolfo. Ensayo de aspersion directa para muros de albañilería. Tesis (ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2001.
2. Gaete Valenzuela, Angélica María. Humedad en edificios, caso Concepción. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1997.
3. Prado Carrillo, Nelson Rogelio. Método electro-osmótico para el secado de muros de albañilería de ladrillos. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1989.
4. García Alarcón, Raúl Fernando. Estudio teórico experimental de humedad por condensación en edificios. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1981.
5. Vennard y Street. Elementary Fluid Mechanics. 5ª ed. John Wiley & Sons, 1975.
6. Granger, Robert A. Fluid Mechanics. Dover publications, 1995.
7. Streeter, Victor L. Mecánica de los fluidos. 6ª ed. Mc Graw Hill, 1979.
8. Ulsamer Puiggarí, Federico. Las humedades en la construcción. 12ª ed. Barcelona, Ediciones Ceac, 1969.
9. Rodríguez Jaque, Gabriel. El problema de las humedades en las viviendas y edificios. Sección Física de la Construcción, IDIEM. Santiago, Chile. 1998.
10. Gratwick, R.T. La humedad en la construcción, sus causas y remedios. Barcelona, Editores técnicos asociados, S.A. 1971.

11. Schild, E. Estanquidad e impermeabilización en la edificación. Barcelona, Editores técnicos asociados, S.A. 1979. Tomo III.
12. Ayala, Cabrera y asociados Ltda. Departamento de estudios y planificación, Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipú y Mapocho. 2000. Tomo I.
13. Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, Metodología de la investigación. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A., 2003, tercera edición.

## **7.2 Comunicación personal.**

14. Sr. Rodrigo Infante de Industrias Ceresita. Gabriel Palma 820, Recoleta.
15. Sr. Luciano Reposi de Sherwin Williams Chile S.A. Ev. La divisa 0689, San Bernardo.
16. Sr. César Tapia de Sika S.A. Chile. Av. Pdte. Salvador Allende 85, San Joaquín.
17. Sra. Karina Arratia de Sociedad Comercial Tecpro Ltda. Isidora Goyenechea 2903, Las Condes.
18. Sr. Eduardo Orellana de Bautek S.A. Las Esteras Norte 2540, Quilicura.
19. Sr Iván Villar de Dynal. Av. 5 de Abril 4534 Estación Central.

## **7.3 Recursos de internet.**

20. <[http://www.humicontrol.com/humicontrol/Humedades\\_condensacion/Humedades\\_condensacion\\_problema.htm](http://www.humicontrol.com/humicontrol/Humedades_condensacion/Humedades_condensacion_problema.htm)>
21. < <http://www.revistabit.cl/pdf/46-49%20estudios%20bit57.pdf> >
22. < <http://www.revistabit.cl/pdf/termico%20bit58.pdf> >
23. < <http://www.revistabit.cl/pdf/40-43%20bit%2060.pdf> >

24. < [http://www.construmatica.com/construpedia/Humedad\\_Capilar](http://www.construmatica.com/construpedia/Humedad_Capilar) >
25. < [http://www.membranasysoluciones.com/deltams\\_firmes.htm](http://www.membranasysoluciones.com/deltams_firmes.htm) >
26. < <http://www.konrad-fischer-info.de/espana.htm> >
27. < <http://www.sherwin.cl/> >
28. < <http://www.sika.cl> >
29. < <http://www.bautek.cl> >
30. < <http://www.dynal.cl/> >
31. < [http://www.seconstruye.com/webnoticia/asp/reportajes\\_preview.asp?id=331](http://www.seconstruye.com/webnoticia/asp/reportajes_preview.asp?id=331) >
32. < <http://www.ryv.cl> >
33. < <http://www.impermeabiliza.cl> >
34. < <http://www.trotec-online.de> >
35. < <http://www.professionalequipment.com>>

## **Anexo 1. Encuesta de validación del problema.**

Las seis preguntas que formaron la encuesta son las siguientes

1.- ¿En qué comuna vive Ud.?

2.- ¿Ud. vive en casa o en departamento?

3.- ¿Ha tenido, en su vivienda, problemas de humedad proveniente del suelo\*?

(\*)Reconocibles principalmente por daños en las partes bajas de los muros de primeros pisos, de casa o edificios, como desprendimiento de papel mural, englobamiento de pintura, aparición de sales tanto por el interior como por el exterior de la vivienda, también puede presentarse en subterráneos y en bodegas de edificios.

En este paso si la respuesta era negativa, la encuesta concluía. Si, por el contrario, la respuesta era positiva la encuesta continuaba.

4.- ¿Tomó alguna medida al respecto?

Una vez más, si la respuesta era negativa, la encuesta concluía. Si, por el contrario, la respuesta era positiva la encuesta continuaba.

5.- La medida ejecutada, ¿fue de tipo profesional (contactar a alguna empresa) o intentó solucionar el problema Ud. mismo?

6.- ¿La solución realizada fue 100% efectiva, sólo se disminuyeron los problemas, al poco tiempo se presentaron nuevamente los inconvenientes o simplemente no se solucionaron los problemas que tenía?

A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados de la encuesta, las respuestas positivas fueron representadas con un 1 y las negativas con un 0.

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Cerrillos	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Cerrillos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrillos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrillos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrillos	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cerrillos	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Cerro Navia	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Cerro Navia	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Navia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Conchalí	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conchalí	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
El Bosque	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Bosque	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Estación Central	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Estación Central	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Estación Central	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estación Central	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Estación Central	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Huechuraba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Huechuraba	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Huechuraba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Huechuraba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Huechuraba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Independencia	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Independencia	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
La Cisterna	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0



P1	P2		P3	P4	P5		P6			
	Casa	Depto			Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó
La Florida	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
La Florida	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
La Florida	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
La Florida	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
La Florida	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
La Florida	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
La Granja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
La Pintana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Reina	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Reina	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0



P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Las Condes	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Barnechea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Barnechea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Barnechea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Barnechea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Barnechea	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lo Espejo	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Lo Espejo	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Lo Espejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Espejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Espejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Espejo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Espejo	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Lo Prado	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Lo Prado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo Prado	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Macul	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Macul	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Macul	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0

P1 Comuna	P2		P3	P4	P5		P6			
	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Maipú	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Maipú	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1



P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Pedro A. Cerda	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedro A. Cerda	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedro A. Cerda	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pedro A. Cerda	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedro A. Cerda	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Peñalolén	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Peñalolén	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Providencia	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Providencia	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Providencia	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Providencia	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Pudahuel	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pudahuel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pudahuel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pudahuel	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pudahuel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quilicura	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quinta Normal	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Quinta Normal	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Quinta Normal	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
Quinta Normal	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinta Normal	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinta Normal	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinta Normal	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Quinta Normal	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Recoleta	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Renca	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Renca	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renca	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
San Joaquín	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
San Joaquín	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
San Joaquín	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
San Joaquín	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Joaquín	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
San Joaquín	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
San Joaquín	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Joaquín	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
San Miguel	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
San Miguel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Miguel	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
San Miguel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Miguel	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
San Miguel	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
San Miguel	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
San Ramón	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
San Ramón	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
Santiago	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Santiago	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Santiago	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Santiago	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santiago	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vitacura	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

P1	P2		P3	P4	P5		P6			
Comuna	Casa	Depto	Humedad	Medida	Profesional	Casero	100%	Disminuyó	Poco tiempo	No se solucionó
Vitacura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vitacura	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Vitacura	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Vitacura	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Vitacura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vitacura	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vitacura	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0