

TC-3

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL CLORURO DE SODIO EN NUEVE
VIVIENDAS DEL MUNICIPIO TORRES ESTADO LARA**

Olavarrieta, María / Anzola, Emilia / Dikdan, María / Bolognini, Humberto / Salcedo, Dinora / Giménez, Alejandro

Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Venezuela.

mariaalice@ucla.edu.ve – mydikdan@ucla.edu.ve – hbolognini@gmail.com – agimenez@ucla.edu.ve

INTRODUCCIÓN

Una empresa cuyo propósito es el almacenaje, molienda, ensacado y comercialización de sal, destinada para el consumo animal, de la ciudad de Carora, Municipio Torres del Estado Lara, en Venezuela, solicitó al Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, en Barquisimeto, Estado Lara, un estudio de la Influencia del Cloruro de Sodio sobre la estructura de 9 Viviendas, ubicadas colindantes a esta empresa, motivado a una demanda judicial que sobre ellos iniciaron los propietarios de estas viviendas, alegando el deterioro de las mismas por la actividad que la empresa ejecutaba

El sector del estudio se corresponde con un sector de Uso Residencial según la Variables Urbanas Fundamentales, se encuentran asentadas viviendas populares aisladas en parcelas de diferentes áreas y construidas con distintos sistemas constructivos, adicionalmente existen en el sector Instalaciones educativas, campos deportivos y la empresa procesadora de sal.

El conocimiento de las diferentes manifestaciones, apreciables a simple vista o no, originadas como resultados de los fenómenos que generan deterioro de los elementos componentes de una obra, es fundamental para la elaboración del diagnóstico patológico de las mismas, es por ello que la inspección constituye una etapa muy importante en la evaluación del comportamiento de las obras.

La búsqueda de la información existente, relacionada con el proyecto, construcción y uso y mantenimiento de una obra son determinantes para la definición de hipótesis de fallas, las cuales son confirmadas mediante la realización de ensayos, mediciones, cálculos y análisis en

detalle de los aspectos generales, que permitan según las posibilidades locales de la obra, la identificación de las causas que generan las fallas y con ello la realización del diagnóstico.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para alcanzar los objetivos propuestos, se desarrolló la metodología propia de un estudio diagnóstico que requirió la ejecución de las siguientes actividades:

1. Recopilación de Información General sobre el caso:

La empresa procesadora de sal, cuyo objeto es el almacenaje, molienda, ensacado y comercialización de sal, destinada para el consumo animal, fue creada en el año 1997, encontrándose en funcionamiento desde el año 1993 sobre un lote de terreno de 675, 25 M2.

En el sector se encuentran asentadas al menos 63 viviendas que han sido construidas en diferentes periodos, algunas datan de 1975 (30 años), según encuesta realizada el 07/07/2005 por la Asociación de Vecinos.

En Marzo del 2005 seis familias del sector denuncian ante el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, presuntos daños a la infraestructura de sus viviendas y daños a la salud, ocasionados por la actividad que realiza la empresa adicionalmente elevan la denuncia ante Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Torres, ante la prefectura del Municipio, ante la Primera Dama de la Alcaldía del Municipio Torres y el Alcalde del Municipio Torres.

El 14 de Marzo el Arq. Raúl Prieto emite informe por parte de la Oficina de Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Torres donde concluye que las viviendas presentan daños considerables que ameritan reparaciones y que se debe reubicar a la empresa PROCESADORA CA, en virtud de daños a las viviendas y obras públicas.

En el mes de Abril se le abre expediente administrativo a la empresa PROCESADORA por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

En el mes de Julio de 2005 se realiza reunión conjunta entre los organismos públicos competentes, la empresa PROCESADORA y la comunidad, donde se analizó la problemática concluyendo que se debía realizar un estudio de Impacto Ambiental.

En el mes de Septiembre el MARN le ordena a la empresa PROCESADORA la realización de 5 estudios para continuar con el proceso administrativo, estos estudios son: Calidad del Aire, Ruido Ambiental, Salinidad y Sodicidad del Suelo y Patología Estructural de las Viviendas. Por otra parte aparecen en Notas de Prensa del periódico "El Caroreño" varios artículos relacionados con el caso

En el Mes de Octubre 2005 la empresa PROCESADORA solicita al Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA la realización de un estudio del Comportamiento Patológico de las estructuras de las viviendas correspondientes a las familias denunciantes.

2. Examen visual general de las obras en estudio:

Esta actividad permite levantar una imagen completa de la geometría estructural y de los elementos componentes de las obras, además de reconocer las diferentes sintomatologías de fallas existentes y realizar el registro gráfico de las mismas.

3. Levantamiento de daños y Registro Gráfico de las fallas:

Se realizó un levantamiento de los síntomas patológicos los cuales se registran en esquemas y se ilustran con fotografías, a fin de dejar evidencia de los mismos y del grado de deterioro para el momento de la inspección, los síntomas observados son:

- Humedad en Cerramientos
- Eflorescencia en Cerramientos
- Formación de Moho y Hongos en Cerramientos
- Agrietamiento en paredes y losas de Piso.
- Aceros expuestos en columnas
- Fisuras en dirección del Refuerzo
- Corrosión Metálica

4. Elaboración del plan de muestreo.

Según información suministrada por los habitantes del sector, 9 familias han denunciado desde hace aproximadamente 10 meses el deterioro de las viviendas que ocupan. Indican los denunciantes que la causa del deterioro de sus inmuebles es atribuible presuntamente a la influencia del material procesado por la empresa, Cloruro de Sodio (sal), sobre las estructuras de sus inmuebles.

En tal sentido la empresa decide determinar la influencia del Cloruro de sodio sobre las viviendas de los denunciantes por lo que solicita al DIC – UCLA el estudio de estas viviendas en particular.

Es decir que no se determino por parte del DIC – UCLA, un criterio de evaluación distinto a la solicitud realizada por la Empresa a instancias del MARN.

5. Selección de las técnicas de ensayo, medición y análisis:

Dadas las características de las viviendas, la información general suministrada por los usuarios sobre el histórico constructivo de las mismas, la condición medioambiental y la tipología de la sintomatología de fallas, se seleccionaron los siguientes ensayos:

Ensayos No Destructivos

- Ensayos Químicos (Determinación de Cloruros y Sulfatos): para determinar presencia de elementos desencadenantes de corrosión
- Ensayos Electroquímicos (Potencial Eléctrico, Velocidad de Corrosión y Resistividad Eléctrica): para determinar el comportamiento electroquímico del concreto y predecir el comportamiento de este en el tiempo.

Ensayos Destructivos

- Pruebas Físicas: para determinar grado de alcalinidad del concreto y medir profundidad de carbonatación del concreto.

- Extracción de Núcleos de Concreto (Core Drill): Consiste en extraer núcleos de concreto, que atraviesan completamente los elementos estructurales estudiados.

6. Selección de zonas para elaboración de ensayos, mediciones:

Los ensayos fueron realizados en:

- Losas de Piso
- Columnas de Concreto
- Paredes de Cerramientos
- Suelos (en los terrenos circundantes a las viviendas)

7. Toma de Muestras para la ejecución de ensayos de campo y de laboratorio, cálculos:

La toma de muestras para la realización de los ensayos, se hizo durante los días 7 y 8 de Noviembre de 2005, donde se realizaron algunas pruebas diagnosticas tanto en campo como en el laboratorio, los resultados obtenidos se presentan en el capítulo de resultados.

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LOS SÍNTOMAS EXISTENTES:

A continuación se describe el protocolo seguido para el levantamiento de sintomatología de fallas existentes, para dos viviendas, de las nueve del estudio, con la finalidad de explicar el procedimiento experimental descrito anteriormente.

Sintomatología de Fallas de la Vivienda A

Propietaria: **María López**

Tipo de Estructura: Mixta de Mampostería Confinada y acero en planta alta

Tipo de Cubierta: Acerolit

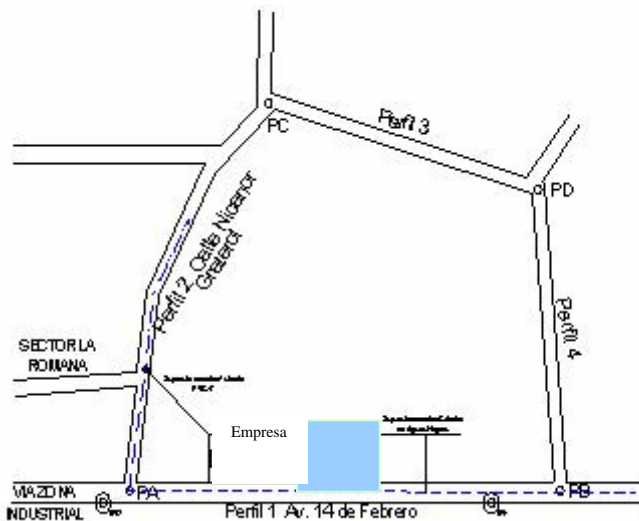
Losa entrepiso: Correas y tabelón de arcilla

Tipo de Vegetación circundante: Palma, otros.

Cota del terreno respecto a la acera: 0. En la puerta de entrada ubicada en la pared de lindero se encuentra un brocal destinado aparentemente para la contención del drenaje urbano.

Edad de la vivienda: Según testimonio de la Sra. María López: 20 años

A continuación se muestra la ubicación relativa (Croquis 1), el plano levantado de la vivienda (Figura 1) y su correspondiente fachada principal (foto 1).



CROQUIS N° 1: Ubicación Relativa de la vivienda con respecto a la empresa.

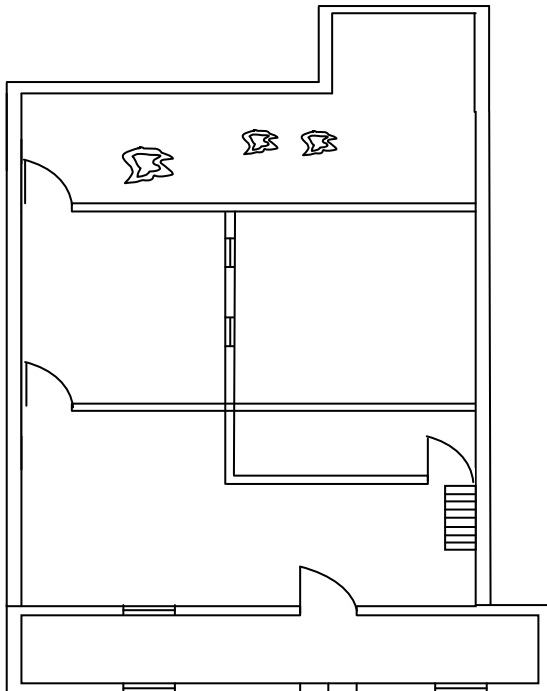


FIGURA N° 1: Plano de Planta casa Sra. Maria Lopez.



FOTO N° 1: Vista fachada principal Casa Sra. María López

Esta vivienda fue inspeccionada el día 7 de noviembre de 2005, logrando detectar síntomas de fallas en los siguientes elementos, tales como:

Cerramientos

El cerramiento aledaño a la Empresa, fue reparado por la esta empresa realizando la construcción de la misma y colocación de cerámica en la pared a una altura de 1.00 mt, no se le construyó aparentemente viga de corona.

Presenta diversos síntomas de fallas, como manchas blancas sobre el revestimiento de porcelana, producto posiblemente del depósito transitorio por parte de la empresa de sal sobre esa pared, actividad que hoy día no se observa, la sal no es depositada ni colocada sobre dicha pared.

Las paredes internas no colindantes en la vivienda presentan manchas de humedad, eflorescencias y formación de Moho a una altura entre 60 y 70 cm. Del nivel de piso.

Losa de piso

La losa de piso interna, presenta grietas longitudinales en el área de la sala y cocina.

Losa de entrepiso

Cabe destacar que esta vivienda, presenta dos niveles y que la losa de entrepiso esta construida por losa de tableros y perfil IPN, a los cuales se les identifico corrosión por picaduras en algunos sectores y generalizados en la parte externa a la vivienda (porche).

Puertas

Las puertas principal y posterior presentan descuadre intermitente que dificultan su uso

PARAMETROS ELECTROQUÍMICOS

Propietaria: María López

En la tabla N° 1 se observa la información electroquímica suministrada por los equipos Gecor 8 y voltímetro digital.

Tabla N° 1. Resultados electroquímicos de la vivienda

Ubicación	Gecor 8				Voltímetro
	Altura (m) (*)	Potencial (mV)	Icor ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Resistencia Elec.(K Ω)	Potencial (mV)
Machón (ML-1)	0.50	0	0	0	-475
	0.6	-490.19	0.23	**	-469
	0.80	0	0	0	-365
	1	0	0	0	-223
	1.2	0	0	0	-150
	1.4	0	0	0	-70
	1.6	0	0	0	-6
	1.8	0	0	0	30
	2	0	0	0	50
	2.20	0	0	0	148

OBSERVACIONES DEL ENSAYO

(*) la Altura fue medida desde la Losa de piso

(**) El equipo no suministro dicho parámetro

Las alturas restantes el equipo no confinaba

Machón (ML-1): Estas mediciones se realizaron en el interior de la casa, específicamente en el cuarto frente a la pared que colinda con la empresa.

RESULTADOS DE ENSAYOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS

En la tabla N° 2 se reflejan los resultados cualitativos y cuantitativos realizados a la vivienda de la Sra. María López

Tabla N° 2.Resultados cualitativos y cuantitativos de la vivienda

VIVIENDA María López							
Elemento	ppm en Agua			Prom.	Prom. H ₂ O	ppm en concr.	%(Cl/conc)
Friso Parte superior (A) A	16,44	17,95	31,9107	17,19	15,97	798,66	0,080
Friso Parte superior (A) B	17,02	18,69		17,86	16,64	831,81	0,083
Mortero de pega A (# 39)	148,17	111,56		129,87	128,65	6432,25	0,643
Mortero de pega B (# 39)	121,93	48,90	52,1299	85,42	84,20	4209,80	0,421
Suelo a 3 m del fondo M-2 A	4,40		4,8921	4,64	3,42	171,20	0,017

En los puntos M-1, M-2, se extrajeron muestras de suelo con los siguientes retiros 3.00 m. de la fachada posterior, 1.25 m de la pared de la fachada lateral izquierda, cabe mencionar que dichas muestras fueron superficiales es decir de los primeros 10 cm. de profundidad.

Se recolecto Muestra de Friso de la pared que colinda con la empresa

De acuerdo con estos resultados el suelo donde se encuentra la casa de la Sra. Maria López presenta baja agresividad. Por otra parte con los resultados obtenidos en el concreto se puede inferir que el friso en la parte superior y el mortero de pega están contaminados con Iones Cloruros donde la concentración es mayor a 0.050 % que es lo que se toma como referencia en concreto. Adicional a esto se descarta la incorporación del Ion cloruro en la mezcla al observar la ubicación de la vivienda y la evidencia de difusión del Ion cloruro en la pared lindero con la empresa.

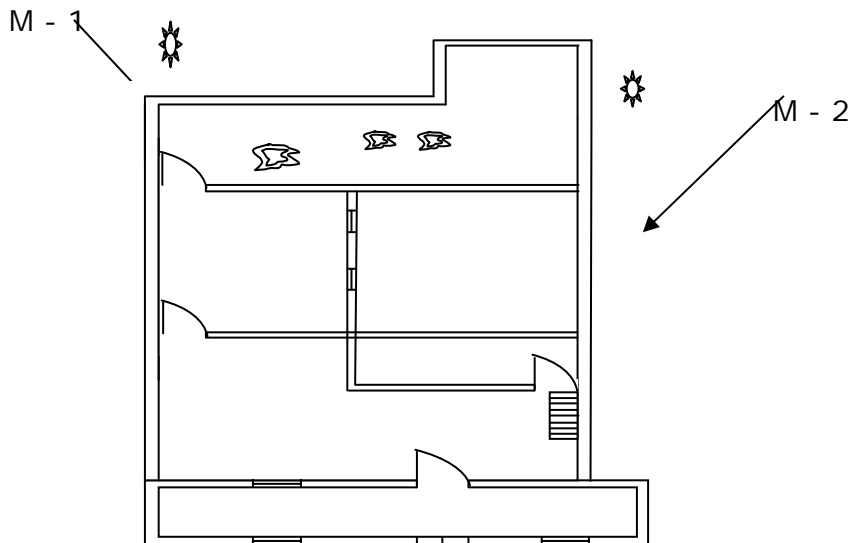


FIGURA N° 2: Ubicación de los puntos de muestra

Según las principales sintomatologías de fallas identificadas, las cuales son: agrietamiento en los cerramientos, manchas blanquecinas, eflorescencia, humedad y corrosión en elementos de acero en cubiertas, se concluye que esta vivienda si esta contaminada con Iones Cloruros esto esta confirmado con los ensayos cuantitativos realizados en frisos y mortero de pega, sin embargo la mencionada vivienda no se encuentra afectada por corrosión en concreto armado hasta la fecha, la condición de exposición a la que estuvo sometida la vivienda y la humedad del terreno da una condición propicia para el desencadenamiento de procesos corrosivos sobre el acero de refuerzo.

Sintomatología de Fallas de la vivienda B.

Propietario: **Xiomara Benítez**

Tipo de Estructura: Mampostería Confinada

Tipo de Cubierta: Acerolit

Tipo de Vegetación circundante: Palma, cambur, nim, Guayaba, limón, lechoza, y mango

Cota de terreno respecto a la acera: Por debajo del nivel.

En la puerta de entrada ubicada en la pared de lindero se encuentra un brocal destinado aparentemente para la contención del drenaje urbano.

Edad de la vivienda: 16 años, según testimonio de la propietaria.



FOTO N° 2: Vista fachada principal vivienda Sra. Xiomara Benítez

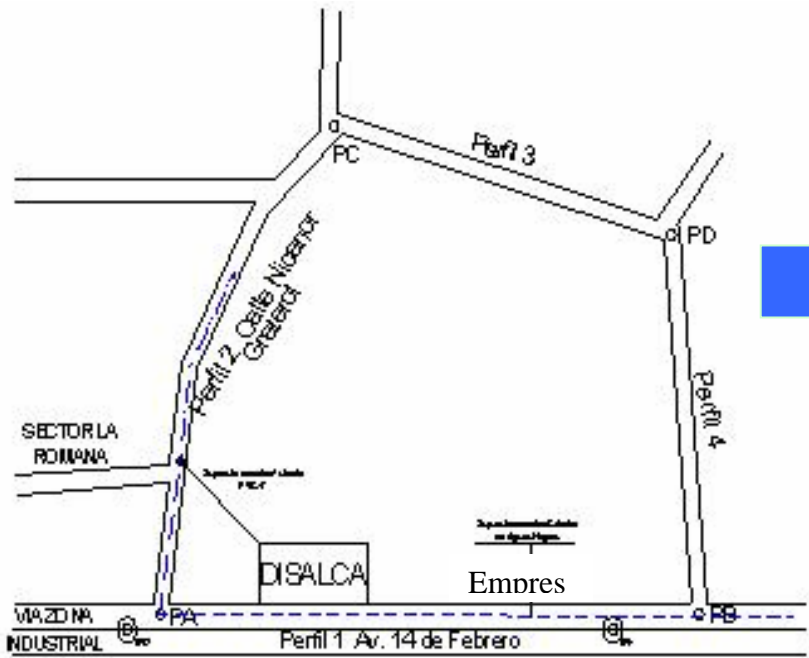
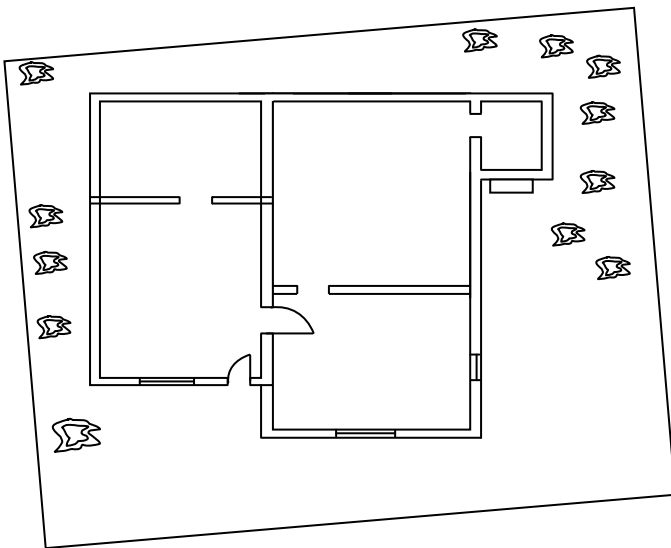


FIGURA N 3 Ubicación Relativa de la vivienda con respecto a la empresa



Croquis de la vivienda. Sra. Xiomara Benítez.

Esta vivienda fue inspeccionada el día 8 de noviembre de 2005, logrando detectar síntomas de fallas en los siguientes elementos, tales como

Puertas.

La puerta principal de la vivienda arrojó durante la inspección evidencia de corrosión metálica localizada a una altura de 60cm., aproximadamente.

Cerramientos.

Las paredes perimetrales de la vivienda, presenta desprendimiento del friso a una altura aproximada de 70 cm., con respecto al suelo, acompañado por lixiviación y manchas color verdusco.

En las paredes internas de la vivienda, se destacó la presencia de manchas color blanquecino, en forma de precipitado probablemente por la presencia de humedad que asciende por capilaridad a través de la losa de piso o desde afuera de la vivienda. Ver foto 3 y 4



FOTO N° 3



FOTO N° 4

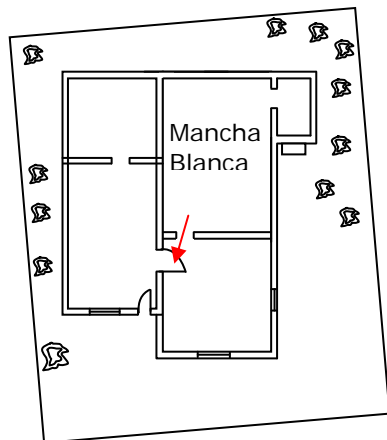
Desprendimiento del friso. Mancha blanquecina.

Los Sistemas que se aprecian afectados en la vivienda son:

- Sistema de Fundación: (Losa de Piso)

- Sistema Estructural: (Machones)
- Sistema de Cerramiento: (Paredes Ambiente Interior y Exterior)
- Sistema de Cubierta: (Techo)
- Sistema de Instalaciones Sanitarias: (Agua Blanca)
- Sistema de Área Circundante: (Patio)
- Sistema de Fundación:

*Losa de Piso: Según la inspección visual efectuada se observó Manchas de color blanco, se presume que sea ocasionada por cambios de Humedad se apreció específicamente en un cuarto que se encuentra detrás de la cocina Ver Croquis N° 2 y Foto N° 5.



En Esta zona se extrajo un Núcleo (Core Drill).

Croquis N° 2

Foto N° 5

Sistema Estructural:

*Machones: En la inspección visual realizada se observó que el Acero Longitudinal del Machon de la esquina izquierda de la fachada principal está expuesto con presencia de corrosión y pérdida de Sección Ver Foto N° 6, en el interior de la casa se apreció una grieta vertical (en el sentido del acero longitudinal) con desprendimiento

del concreto, apreciando algunos puntos de corrosión en el mismo Ver Foto N° 7; Este mismo machon fue reparado recientemente por fuera y para la fecha se observa que hay desprendimiento del concreto Ver foto N° 8; otro machón que presenta sintomatología de falla es uno que se encuentra en la parte posterior de la casa del costado izquierdo, el cual presenta una grieta que va en el sentido del acero Longitudinal del machón con desprendimiento de concreto, lográndose apreciar corrosión por picadura en el acero .



Foto N°. 6



Foto N°. 7



Foto N° 8

- Sistema de Cerramiento:
 - Tabiquería Externa: En la Fachada principal se pudo observar desprendimiento de friso y disgregación del agregado del bloque, esto va acompañado con manchas de humedad presentándose a una altura de 70 cm. aprox. Ver Foto N° 9; otra falla percibida en la fachada principal pero esta vez en el lado derecho fue la Lixiviación del friso con presencia de Humedad, con desprendimiento del mismo Foto N° 10; otro síntoma observado en el costado derecho fue una mancha de color verde con borde negrusco a una altura promedio de 40 cm. Ver Foto N° 11



Foto N°. 9



Foto N°. 10



Foto N° 11

* Tabiquería Interna: En la inspección llevada en el interior de esta casa se pudo apreciar de manera generalizada manchas de humedad con una altura promedio de 25 cm. con presencia de precipitado blanco. Ver Foto N° 12



Foto N° 12

- o Sistema de Cubierta: En la cubierta de la sala de baños de la casa se aprecia que los nervios de la losa de tablero presentan oxidación, además de esto se observaron manchas de humedad en los tableros. Ver Foto N° 13



Foto N° 13

- Sistema de Instalaciones Sanitarias: Dentro del Baño se visualizo varios botes de agua por medio de una llave y malas conexiones, que no esta bien tratada, esto ocurre dentro pero también se percibe la humedad del lado de afuera. Ver Foto N° 14

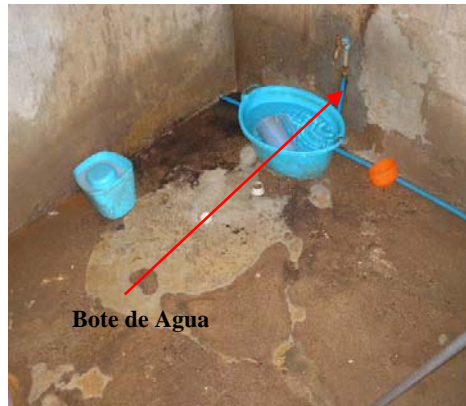


Foto N° 14

- Sistema de Área Circundante: En el patio de la vivienda, se observó una vegetación Variada muy vercosa conformada por Palmas, Mata de Cambur, nim, Guayaba, Limón, Lechosa, Mango y etc. Ver Foto N° 15



Foto N° 15

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En relación a los resultados particulares de los estudios realizados a cada vivienda podemos concluir:

1.- Existe heterogeneidad en la calidad constructiva de los inmuebles estudiados, lo cual coloca en condición de vulnerabilidad distinta ante agentes agresivos a cada casa en particular.

2.- Es menester indicar que no se aprecia acabados en los diferentes sistemas de las casas, que induzcan a pensar que se realizaron controles de calidad durante el proceso constructivo de los inmuebles, necesarios para garantizar la durabilidad de los mismos durante su vida útil.

3.- La sintomatología de fallas identificadas y los resultados de los ensayos realizados evidencian variabilidad, por lo que no se considera apropiado las conclusiones de manera generalizada para el sector.

4.- Es importante evaluar la situación de humedad presente en los terrenos donde se encuentran las viviendas lo cual se ve agravado por el hecho de la ubicación de las losas de piso en relación al nivel de calle, la humedad es un factor desencadenantes de corrosión y puede ser la causa de la aparición de grietas y desprendimientos de frisos.

5.- Se recomienda la evaluación de las características del suelo y del aire del sector, a fin de determinar la influencia de estas variables en el comportamiento individual de cada inmueble.

6.-Una de las viviendas se puede identificar la contaminación con el Ion cloruro encontrado en los elementos de concreto estudiados, se ha producido por penetración y no por la incorporación de los mismos a la masa de concreto, en virtud de las diferentes concentraciones encontradas en un mismo elemento.

7.-Se recomienda que se realicen estudios a viviendas ubicadas a diferentes distancias de la zona de influencia de la empresa, a fin de poder conocer la agresividad del ambiente en la zona y la influencia de la planta de procesamiento sobre los inmuebles.

REFERENCIAS

C. ANDRADE, Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado.(CYTED, 1998)

P. CASTRO, Corrosión en estructuras de concreto armado. (IMCYC 1998)

M. SANJUAN, P. CASTRO, Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto. (IMCYC 2001)

P. HELENE, Corrosão em armaduras para concreto armado. (IPT 1986)