



PATOLOGÍA SUPERFICIAL EN LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA DE CONCRETO ARMADO APARENTE. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

Presenta:
Alejandra Patricia Avilés Gálvez

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.

Universidad Nacional Autónoma de México

México, 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



PATOLOGÍA SUPERFICIAL EN LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA DE CONCRETO ARMADO APARENTE. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

Tesis que para obtener el grado de:
Maestra en Arquitectura
(Campo de Conocimiento de Tecnología)

Presenta:
Alejandra Patricia Avilés Gálvez

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.



México, 2010.

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Jeanine Da Costa Bischoff

JURADO

Dr. Álvaro Sánchez González

Mtro. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Mtra. en Ing. Perla Santa Ana Lozada

Dr. Humberto Acedo Espinoza

CON CARIÑO

A mi esposo Juan Carlos Cavieres Guerra,
por este logro y muchos más que nos esperan siempre juntos.
Por tus certeros comentarios y acotaciones entregadas, Gracias mi estrella.

Abuelita Laura, nunca me olvidaré de ti,
gracias por todo lo que hiciste por mí.
Desde lejos tu partida se siente en el alma y en el corazón.

A mi Madre, por todo lo que me ha enseñado y practicado
con su ejemplo de trabajo y responsabilidad, te amo Mami.

A mi Padre, por su cariño, ánimo y empuje a obtener
siempre nuevas metas y logros, gracias Papá, te quiero.

A mis Hermanas, gracias por estar siempre ahí, en el centro de mi corazón:
Viviana, Pamela y Camila, las adoro y extrañe mucho.

Abuelita Nena y Tata Juan,
Los amo y extrañé mucho durante todo este proceso.
Infinitas gracias, porque son todo mí y el mejor ejemplo de vida.

A mi suegra Mónica, por su apoyo en todo momento.
A mi suegro Juan Carlos y a Sebastián por sus cariños y apoyos.

A mis primos y tíos que desde lejos me apoyaban y entregaban cariños.

A todos quienes desde lejos nos desearon que todo resultara muy bien.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, CU.,
por haberme entregado su grandiosa herencia cultural,
durante este crecimiento profesional y personal.

A los maestros que enriquecieron este trabajo:

Dra. Jeanine Da Costa Bischoff.

Mtro. en Arq. Francisco Reyna Gómez.

Ingeniero Juan Luis Cottier Caviedes.

Dr. Ricardo Prado Núñez.

Dr. Álvaro Sánchez González

Dra. Gemma Verduzco Chirino.

Mtro. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz.

A mis sinodales y maestros por sus aportaciones imprescindibles para este resultado.

A mis amigos:

Rafael Ochandarena B., Rubén Jacinto M., Elvira Martinez W., Kim y Lu.,

por ser personas que nunca olvidaré.

Esta tesis corresponde a los estudios realizados con una beca otorgada
por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México.

ÍNDICE TEMÁTICO

| | |
|---|-----|
| Índice General. | I |
| Resumen. | V |
| Introducción. | 1 |
| 1 CAPÍTULO.- El Concreto Armado. Conocimientos Fundamentales. | 7 |
| 2 CAPÍTULO.- Tecnología del Concreto Armado. Construcción Sostenible. | 42 |
| 3 CAPÍTULO.- Concreto Armado aparente. Técnica Arquitectónica. | 64 |
| 4 CAPÍTULO.- Patología Superficial. Enfermedad Tecnológica. | 90 |
| 5 CAPÍTULO.- Estudio e Inspección Visual. Cinco Casos. | 130 |
| 6 CAPÍTULO.- Evaluación y Terapéutica. Resultados. | 173 |
| Reflexiones Finales. Conclusiones. | 196 |
| Bibliografía. | 207 |
| Fuente de Imágenes. | 214 |
| Lista de Tablas. | 219 |
| Anexos. | 222 |

ÍNDICE

ÍNDICE

| | |
|-------------------|---|
| Resumen..... | v |
| Introducción..... | 1 |

1 CAPÍTULO.-

| | |
|--|-----------|
| El Concreto Armado. Conocimientos Fundamentales..... | 7 |
| I.1. Antecedentes Históricos del Material..... | 8 |
| I.2. El Concreto Armado en México..... | 10 |
| I.3. Estructura Interna del Concreto Armado..... | 17 |
| I.3.1. Proceso de Obtención del Cemento..... | 19 |
| I.4. Características del Concreto Armado y sus Elementos Constituyentes..... | 25 |
| I.4.1. Calidad Integral del Concreto Armado..... | 26 |
| I.4.2. Ventajas Fundamentales del Concreto Armado..... | 27 |
| I.4.3. El Cemento..... | 28 |
| <i>I.4.3.1. Problemáticas que Dependen del Cemento.....</i> | <i>32</i> |
| I.4.4. Los Agregados..... | 32 |
| <i>I.4.4.1. Problemáticas que Dependen de los Agregados.....</i> | <i>33</i> |
| I.4.5. El Agua..... | 34 |
| <i>I.4.5.1. Problemáticas que Dependen del Agua.....</i> | <i>35</i> |
| I.4.6. Los Aditivos..... | 36 |
| <i>I.4.6.1. Clasificación General de los Aditivos.....</i> | <i>37</i> |
| I.4.7. Las Adiciones..... | 37 |
| I.4.8. Las Armaduras..... | 38 |
| <i>I.4.8.1. Definiciones Asociadas a las Armaduras.....</i> | <i>39</i> |
| I.4.9. El Aire..... | 40 |

2 CAPÍTULO.-

| | |
|---|-----------|
| Tecnología del Concreto Armado. Construcción Sostenible..... | 42 |
| II.1. El Capital Social y Humano..... | 44 |
| II.1.1. <i>Potencialidades del Concreto Armado para el</i> <i>Capital Social y Humano.....</i> | <i>46</i> |
| II.1.2. <i>Durabilidad del Concreto Armado</i> | <i>48</i> |
| <i>II.1.2.1. Factores y Procesos que Intervienen en la Durabilidad.....</i> | <i>51</i> |
| II.2. El Capital Económico..... | 53 |
| II.2.1. <i>Gastos Energéticos Asociados al Concreto Armado.....</i> | <i>54</i> |

| | |
|--|-----|
| II.2.2. <i>Tabla de Gastos Energéticos y Componentes del Concreto Armado</i> | 56 |
| II.3. Capital Medioambiental..... | 57 |
| II.3.1. <i>Valor como Patrimonio Edificado de Concreto Armado</i> | 60 |
| II.3.2. <i>Restauración Técnica de las Estructuras de Concreto Armado</i> | 61 |
| | |
| 3 CAPÍTULO.- | |
| Concreto Armado Aparente. Técnica Arquitectónica | 64 |
| III.1. Tecnología del Concreto Armado Aparente..... | 66 |
| III.1.1. <i>Especificaciones</i> | 68 |
| III.1.2. <i>La Planeación y el Diseño del Concreto Armado Aparente</i> | 68 |
| III.2. Posibilidades del Concreto Armado Aparente..... | 70 |
| III.2.1. <i>Tratamientos Exteriores</i> | 71 |
| III.2.1.1. <i>Envolventes Arquitectónicas</i> | 71 |
| III.2.1.2. <i>Pisos</i> | 72 |
| III.2.2. <i>Tratamientos Interiores</i> | 72 |
| III.2.3. <i>Espacio Público</i> | 73 |
| III.3. Forma, Textura y Color..... | 74 |
| III.3.1. <i>Forma</i> | 74 |
| III.3.2. <i>Textura</i> | 74 |
| III.3.2.1. <i>Tratamientos en las Superficies con Texturas</i> | 75 |
| III.3.3. <i>Color</i> | 76 |
| III.4. Técnicas en el Proceso Constructivo del Concreto Armado Aparente..... | 80 |
| III.4.1. <i>Primera Etapa: Concreto en Estado Fresco</i> | 82 |
| III.4.2. <i>Segunda Etapa: Concreto en Estado Fraguado</i> | 85 |
| III.4.3. <i>Tercera Etapa: Concreto en Estado Endurecido</i> | 87 |
| | |
| 4 CAPÍTULO.- | |
| Patología Superficial. Enfermedad Tecnológica | 90 |
| IV.1. Antecedentes de la Patología en Arquitectura y Construcción..... | 93 |
| IV.2. Patología Superficial..... | 95 |
| IV.3. Causas de los Defectos y Fallos [Enfermedades] Superficiales..... | 98 |
| IV.3.1. <i>Factores que Originan Defectos y Fallos Superficiales</i> | 100 |
| IV.3.1.1. <i>La Polución del Medio Ambiente</i> | 100 |
| IV.3.1.2. <i>Factores como el Clima y el Microclima</i> | 101 |
| IV.3.1.3. <i>Las Eflorescencias</i> | 103 |

| | |
|---|-----|
| IV.3.1.4. Factores Biológicos..... | 104 |
| IV.3.2. Fenómenos que Ocasionan Defectos y Fallos Superficiales..... | 104 |
| IV.3.2.1. Fenómenos Físicos..... | 104 |
| IV.3.2.2. Fenómenos Químicos..... | 106 |
| IV.3.2.3. Fenómenos Mecánicos..... | 107 |
| IV.3.3. Procesos que Suscitan Defectos y Fallos Superficiales..... | 107 |
| IV.3.3.1. Proceso de Concepción y Diseño..... | 107 |
| IV.3.3.2. Materiales Constituyentes..... | 108 |
| IV.3.3.3. Proceso de Ejecución y Construcción..... | 108 |
| IV.3.3.4. Uso y Mantenimiento..... | 109 |
| IV.4. Sintomatología de los Defectos y Fallos [Enfermedades] Superficiales..... | 110 |
| IV.5. Definiciones de los Defectos y Fallos [Enfermedades] Superficiales..... | 111 |
| IV.5.1. Fisuras y Grietas..... | 112 |
| IV.5.2. Burbujas..... | 115 |
| IV.5.3. Exposición del Agregado Grueso..... | 117 |
| IV.5.4. Variación de Color y Manchas..... | 118 |
| IV.5.5. Transparencia del Agregado Grueso..... | 119 |
| IV.5.6. Fuga de Lechada..... | 119 |
| IV.5.7. Juntas Frías..... | 120 |
| IV.5.8. Rebaba..... | 121 |
| IV.5.9. Desalineamiento..... | 122 |
| IV.5.10. Descascaramiento..... | 123 |
| IV.5.11. Irregularidad Dejada por los Tensores..... | 123 |
| IV.5.12. Líneas de Acumulación de Agregados Finos..... | 124 |
| IV.5.13. Defectos de Modulación..... | 125 |
| IV.5.14. Exposición y Corrosión del Acero de Refuerzo..... | 126 |
| IV.5.15. Otros..... | 127 |
| IV.6. Tolerancias de los Defectos y Fallos [Enfermedades] Superficiales..... | 128 |

5 CAPÍTULO.-

| | |
|---|------------|
| Estudio e Inspección Visual. Cinco Casos..... | 131 |
| V.1. Caso de Estudio: Campus Central de la Ciudad Universitaria de la UNAM..... | 133 |
| V.1.1. Enfoque Arquitectónico de la Obra..... | 134 |
| V.1.2. Sintomatología y Defectos Generales en el Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM..... | 135 |
| V.1.2.1. Sintomatologías y Defectos Observados..... | 135 |

| | |
|--|-----|
| V.2. Inspección Visual..... | 138 |
| <i>V.2.1. Cédulas o Matrices de Evaluación de la Inspección Visual.....</i> | 140 |
| V.3. Cinco Casos..... | 142 |
| V.3.1. Inspección Visual. 1 Caso..... | 143 |
| V.3.2. Inspección Visual. 2 Caso..... | 149 |
| V.3.3. Inspección Visual. 3 Caso..... | 155 |
| V.3.4. Inspección Visual. 4 Caso..... | 161 |
| V.3.5. Inspección Visual. 5 Caso..... | 167 |
| 6 CAPÍTULO.- | |
| Evaluación y Terapéutica. Resultados..... | 174 |
| VI.1. Análisis o Evaluación de las Secciones Inspeccionadas..... | 175 |
| <i>VI.1.1. Sección Superior.....</i> | 175 |
| <i>VI.1.2. Sección Central.....</i> | 176 |
| <i>VI.1.3. Sección Inferior.....</i> | 177 |
| VI.2. Terapéutica Basada en la Prevención..... | 180 |
| <i>VI.2.1. Prevención Frente a las Líneas entre Capas o Juntas Frías.....</i> | 181 |
| <i>VI.2.2. Prevención Frente a las Variaciones de Color.....</i> | 183 |
| <i>VI.2.3. Prevención Frente a la Exposición de Agregado Grueso.....</i> | 185 |
| <i>VI.2.4. Prevención Frente a las Líneas de Acumulación de Agregados Finos.....</i> | 187 |
| <i>VI.2.5. Prevención Frente a las Fisuras y Grietas.....</i> | 187 |
| <i>VI.2.6. Prevención Frente a las Burbujas.....</i> | 188 |
| <i>VI.2.7. Prevención Frente a las Irregularidades Dejadas por los Tensores.....</i> | 189 |
| VI.3. Prevención Superficial..... | 190 |
| Reflexiones Finales. Conclusiones..... | 196 |
| Bibliografía..... | 207 |
| Fuente de Imágenes..... | 214 |
| Lista de Tablas..... | 219 |
| Anexos..... | 222 |
| Tipos de Cementos..... | 222 |
| Entrevistas..... | 224 |
| Arquitecto Teodoro González de León (México)..... | 224 |
| Arquitecto Juan Sabbagh Pisano (Chile)..... | 229 |

RESUMEN

La presente investigación reúne y analiza los contenidos necesarios para elaborar una base teórica actual con un enfoque arquitectónico, sustentada en lo fundamental y relevante para comprender la patología superficial en envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, aportando nuevos criterios, reflexiones, metodologías prácticas y recomendaciones técnicas, para enfrentar y prevenir los defectos superficiales que pudieran afectarlas.

Además, busca reconocer el impacto ambiental que genera el ciclo de vida de dichas envolventes, logrando mejorar y superar el actual desempeño de las calidades, cualidades y características que nos proporciona este material como superficie de acabado en los edificios, además de prolongar su vida útil; gestionar una protección y prevención adecuada ante defectos superficiales; dar el mantenimiento necesario y ser capaces de proporcionar una terapia a las envolventes antes mencionadas cuando se solicite.

Mediante este análisis crítico a un pequeño pero importante aspecto de nuestro campo de acción, la presente investigación pretende motivar un ideal en la arquitectura basado en la construcción sostenible, que hace referencia a que esta perdure en el tiempo sin errores y costos evitables, incluyendo el capital social y humano, el capital económico y el capital medioambiental desde la concepción, ejecución, implementación de tecnologías apropiadas y la disposición final de la obra arquitectónica.

Junto con lo anterior la investigación indaga y desarrolla reflexiones y recomendaciones basadas en la teoría y en la práctica a través de ejemplos que ilustran los defectos superficiales que podemos evitar y corregir para enriquecer, clarificar y validar esta investigación. Proporcionado así, un respaldo que contenga herramientas para el manejo más eficiente en cuanto a la calidad y durabilidad del acabado final en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, a partir de una planeación eficiente de la obra desde su concepción y un desafío no imposible, mejorar nuestras obras nuevas o construidas en beneficio de la arquitectura y por consiguiente del ser humano, ambos implícitos en la construcción sostenible, conjuntamente con un manejo eficiente de nuestros recursos minimizando el deterioro de nuestro entorno y en consecuencia de nuestras ciudades.



ABSTRACT

ABSTRACT

This research collects and analyzes the content needed to develop a conceptual basis current with an architectural approach, based on the fundamental and relevant to understanding the pathology enveloping surface exposed reinforced concrete architecture, bringing new approaches, ideas, methodologies, practices and technical recommendations to confront and prevent surface defects that could affect them.

It also seeks to recognize the environmental impact generated by the life cycle of these envelopes, managing to improve performance and overcome the current capacities, qualities and characteristics we are providing this material and surface finish in buildings, in addition to longer life; management and protection adequate to prevent surface defects, provide the necessary maintenance and be able to provide therapy to the envelopes above when prompted.

Through this critical analysis to a small but important aspect of our scope, this research aims to motivate an ideal in architecture based on sustainable construction, which refers to this last in time without errors and avoidable costs, including social and human capital, economic capital and environmental capital from conception, execution, implementation of appropriate technologies and the final disposition of the architectural work.

Along with the above research explores and develops ideas and recommendations based on the theory and practice through examples that illustrate the surface defects that can prevent and correct to enrich, clarify and validate this research. Provided so, a backup that contains tools for more efficient management in terms of quality and durability of finish in the enclosures exposed reinforced concrete architecture, based on an efficient planning of the work since its inception and a challenge not impossible, improve our built new construction or for the benefit of the architecture and therefore the human being, both implicit in sustainable construction, together with efficient management of our resources while minimizing the deterioration of our environment and therefore of our cities.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Aceptando provisionalmente que existe una “crisis” entre la arquitectura entendida como la materialización de la forma a través de los materiales, y la tecnología y técnicas que giran en torno a estos materiales que hacen tangible la arquitectura, entonces creo que dicha crisis puede operar y superarse bajo dos vertientes:

- La primera, reconociendo el impacto social y humano, económico y medioambiental que pueden generar nuestros resultados arquitectónicos [obras] de concreto armado aparente.
- Y en segundo lugar, efectuando una inspección y evaluación de la ineficiencia en dichos resultados arquitectónicos con el material antes señalado.

Por lo tanto, manifestando el impacto social y humano, económico y medio ambiental que presentan las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, junto a un estudio integral de los defectos superficiales que las afectan, conseguiremos superar el actual desempeño del concreto armado como superficie de acabado, gestionar una prevención adecuada ante defectos superficiales, y dar el mantenimiento necesario para permitir mejorar nuestros futuros resultados arquitectónicos. Así, podremos alcanzar una reciprocidad eficiente entre las obras arquitectónicas y la tecnología y técnicas alrededor del material que las constituye.

De esta forma, surge el tema de la presente investigación, titulada: “Patología Superficial en la Envolvente Arquitectónica de Concreto Armado Aparente. Construcción Sostenible”, al observar los problemas que se van presentando en nuestras ciudades y sus edificaciones, las que nacen como respuestas ante los requerimientos de cobijo, bienestar y desarrollo de la vida humana, a través de la transformación del espacio en un lugar habitable producido artificialmente. Ante esto, la arquitectura que es la gran técnica compleja que responde a lo anteriormente señalado esta *“formada por varias técnicas menores; ella a su vez es una particular de la gran técnica que es la vida humana”*,¹ es inevitable y necesaria, por lo que mientras el ser humano habite la Tierra, se producirá y consumirá, es la arquitectura la actividad por excelencia del ser humano. *“Al hacer arquitectura los humanos nos dotamos del necesario espacio privado que nos convierte en personas -hominizándonos- y también del necesario espacio público que convierte a las personas en ser social -humanizándonos-”*.²

¹ ARAI, Alberto T. “La nueva arquitectura y la técnica.” DAAP, México, 1938. P.12.

² HERRERA, Tato. Arquitecto y profesor de Universidad Politécnica de Valencia. “Arquitectura sostenible para un planeta sustentable”. Levante-EMV. (26-02-06).
Fuente: <http://e-valencia.org/index.php?name=News&file=article&sid=8435>, consultada en feb. 2010.

Cuando estas respuestas arquitectónicas se dan de forma insustancial sin considerar en ello un análisis real y exhaustivo del material utilizado, de sus posibilidades potenciales, de las técnicas generadoras de él, de las técnicas ejecutoras del sistema constructivo, de los contaminantes producidos en sus procedimientos, de los factores que puedan vulnerar al material y a la obra arquitectónica, de la relación entre el diseño y la planificación o planeación de esta, y sin reflexionar además, que la ciudad *es “el reflejo especular de la arquitectura, el colectivo donde se ven los efectos de cada decisión que se toma a nivel individual”*.³

Por lo tanto, estamos frente a fenómenos que podrían resolverse si la tecnología del concreto armado aparente fuese compatible con las técnicas empleadas, incluyendo al mismo tiempo la aplicación del conocimiento global del material, del proceso de ejecución de la edificación, su mantenimiento y la prevención frente a la presencia de defectos superficiales no deseados, los cuales deterioran y afectan tanto el aspecto como la calidad y durabilidad de las envolventes arquitectónicas.

Lo antes expuesto me impulsa a considerar y analizar la importancia en la ampliación y reinterpretación del conocimiento en torno al material, para mejorar la calidad superficial de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente y la preparación ante los requerimientos que esto genere, proporcionando una aportación en el universo del concreto armado, el que se cree conocer pero no se logra comprender en su totalidad.

El desarrollo de la presente investigación lo expondré relacionando básicamente tres enfoques del concreto armado aparente. El primer enfoque dirigido hacia la historia del material, sus componentes, procesos constructivos y la relación de este con el medio ambiente; el segundo enfoque, el concreto armado: su tecnología aparente y la valoración de sus superficies; y el tercer enfoque, la patología superficial del concreto armado aparente, su inspección, evaluación y prevención ante los defectos superficiales que perturben su calidad y durabilidad. Dirigiendo estos tres enfoques hacia una orientación integral congruente con una construcción sostenible, para abordarla desde la concepción de una obra arquitectónica, o aplicarla en obras ya edificadas realizando determinados análisis, además de los mantenimientos y las rehabilitaciones necesarias.

³ DÍAZ, Antonio. “La manzana, una fusión urbana y arquitectónica.” Suplemento de arquitectura del periódico El Clarín, Buenos Aires, Argentina. 12 Febrero 2009.
Fuente: <http://www.clarin.com/suplementos/arquitectura/2009/02/10/a-01855837.htm>.

Debemos de considerar básico y primordial que es a partir de la gestación de un proyecto arquitectónico en donde podemos ser partícipes de una construcción sostenible, que abarca todo el ciclo de vida de una obra arquitectónica, además de cuestionarnos sí ¿Es sostenible seguir construyendo con la presencia de numerosos defectos superficiales en la arquitectura?

Cuando miramos a nuestro alrededor vemos que dependemos y dependeremos para siempre de la arquitectura, es intrínseca al ser humano, ante esto me pregunto: ¿Por qué con todas las tecnologías que tenemos ya sean industriales y de producción de materiales, además de las técnicas aprendidas y utilizadas no podemos construir sin errores evitables? ¿Es sostenible seguir reparando para reparar nuevamente? ¿Es sostenible el gasto energético para enmendar nuestros errores evitables? ¿Es sostenible dejar que las edificaciones se deterioren a tal grado de tener que destruirlas? Y como resultante anticipada ¿Es sostenible plantearnos metas a corto plazo en la arquitectura?

El desarrollo de la investigación incluye seis capítulos en los cuales se hace referencia al estado del arte en cuanto al tema medular referente a la patología superficial en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente; asimismo contiene un recorrido por las materias primas que componen este material misceláneo, la importancia e historia de él, el impacto ambiental que provoca, los mecanismos de ataque y estrategias para evitar los defectos superficiales, aplicados a las particularidades de Ciudad de México, con casos e imágenes que ilustren los defectos superficiales en los cuales debemos de poner mayor atención para evitarlos y optimizar nuestros resultados arquitectónicos y finalmente preocuparnos del trato a dichas envolventes que presenten dichos defectos, así como las consideraciones necesarias para enfrentar en un presente y futuro un proyecto con estas características.

En los dos capítulos iniciales se explica y demuestra al lector la irrupción, utilización y masificación del material compuesto predominante en infraestructuras de toda índole en México y en el mundo a partir del siglo XX, el concreto armado, y como con dicho material se van trazando las ciudades y se da respuesta ante las demandas de aquella época hasta nuestros días. Es probablemente el material que más contribuye a la habitabilidad del planeta ya que con él se edifican desde las infraestructuras de tratamiento de aguas hasta las viviendas, implícito en toda actividad de desarrollo de cualquier país, por lo tanto es fundamental ahondar en su conocimiento e investigación y nos obliga a estudiar la búsqueda y actualización de sus posibilidades potenciales, proceso constructivo, gastos energéticos, recursos utilizados y la planeación eficiente de los procesos que intervienen en su desarrollo.

En los dos capítulos siguientes, se describen a detalle los factores que puedan influir en el aspecto de las superficies de concreto armado aparente, considerando como tal, a aquel que presenta requerimientos especiales que atañen a la apariencia de su superficie, pudiendo esta variar considerablemente de un proyecto a otro. Destinando el análisis en estos capítulos al segundo enfoque, referido fundamentalmente a la tecnología asociada al concreto aparente, su patología superficial y como esta se presenta en las envolventes arquitectónicas. Mi intención no es estandarizar modelos de acabados, sino que mejorar la calidad final desde la concepción de cualquier obra arquitectónica.

En los capítulos cinco y seis se manifestará el tercer enfoque de la presente investigación, que contendrá los resultados de las tomas de muestras y los procedimientos de prevención, protección y la terapéutica necesaria para abordar la patología superficial de envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, además de involucrarnos de lleno en la construcción sostenible razonando y actuando sobre el capital social y humano, el capital económico y el capital medioambiental, y en último lugar proporcionar las respuestas a todas las interrogantes que surgieron durante el desarrollo de la presente investigación.

Durante el transcurso del texto reflexionaremos acerca de los problemas en la industria de la construcción, tema inmerso en la construcción sostenible, buscando aprovechar las propiedades potenciales del material tanto en obras nuevas como edificadas, elaborando procedimientos y recomendaciones técnicas como arquitectos además de metodologías prácticas basadas en la teoría y tecnología del concreto aparente para la prevención y rehabilitación ante defectos superficiales en las envolventes arquitectónicas, en que su seguridad, funcionalidad, hermeticidad, durabilidad y apariencia, muchas veces es menor a la esperada y a la que este material nos podría entregar, desaprovechando su gran potencial.

Es necesario reconocer que los defectos y fallos que se cometen en el campo de la construcción en las estructuras de concreto armado y sus acabados, la mayoría de las veces se deben a falta de experiencia, conocimiento y control de calidad, por lo que es necesario adquirir dicho conocimiento y experiencia a través de la divulgación de los fallos cometidos, sean por agentes externos que atacan a las edificaciones o simplemente errores en el diseño y ejecución de estas.

Si se recopilaran, analizaran y divulgaran los conocimientos, y se utilizaran bases teóricas que muestren los defectos y fallos cometidos en las edificaciones tanto como nuestros aciertos, podríamos fundar legados, ya que sabemos que se repetirá lo bueno y se evitará lo malo, haciendo crecer el conocimiento, ya que lo incorrecto la mayoría de las veces se esconde.

Por lo tanto, con respaldo en teorías y prácticas con la toma de muestras de ejemplos que nos ilustren claramente la visión que se quiere promover, la cual no es el juicio de valores arquitectónicos, sino más bien, a través de estos buenos ejemplos podremos mejorar nuestra forma de enfrentar el proceso constructivo de una obra arquitectónica, para el beneficio a largo plazo del capital social y humano, del capital económico y del capital medioambiental de nuestros países.

Al mismo tiempo, de adentrarnos en un tema poco considerado por los arquitectos y de gran relevancia para dicha profesión, ya que es tarea de esta la de transmitir las ideas respecto a la imagen y el efecto de una superficie, generadas durante el proceso creativo, y no puede limitarse solo a reproducir parámetros técnicos mensurables y calculables ya que muchas de estas ideas no están contenidas en normatividades y especificaciones, por lo cual sería importante proyectar y planificar con criterios patológicos y preventivos ante algún defecto superficial desde un principio y ser capaces de rehabilitar las edificaciones ante el deterioro o presencia de estos defectos que las alteren disminuyendo su aspecto, calidad y durabilidad.

Por último, la investigación va dirigida a hacer una defensa al mantenimiento integral de la obra construida, mediante la prevención y la rehabilitación de los defectos superficiales, como una respuesta a las necesidades y problemáticas de hoy. Apostar por un modelo basado en la prevención y rehabilitación, es optar por la construcción sostenible enfocada básicamente en la reordenación de los principios del proyecto arquitectónico en todas sus etapas.

1 CAPÍTULO

1. CAPÍTULO/ EL CONCRETO ARMADO. CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES.

No se tiene seguridad de quien descubrió por primera vez el concreto, podríamos imaginar que esto ocurrió junto con las necesidades del hombre primitivo hace medio millón de años. En aquel tiempo estos seres humanos controlaron el fuego y al exponerse el terreno constituido de piedras, yeso y arcillas a altas temperaturas durante un tiempo prolongado, se carbonatarían las piedras, para posteriormente transformarse en polvo y este junto con el yeso y las arcillas al tener contacto con la lluvia, se convertirían en una masa sólidamente unida, podríamos atribuir a este pequeño relato el origen natural del principal componente del concreto: el cemento, nombre genérico y comúnmente aceptado para referirnos a cemento hidráulico, material que actúa como conglomerante capaz de unir fragmentos por medio de un proceso llamado hidratación, que corresponde a la reacción química de los componentes del cemento con el agua, produciéndose una cristalización⁴ que conduce a un sistema de constituyentes hidratados estables, con un desprendimiento de mayor o menor cantidad de calor en función al tipo de cemento,⁵ endureciendo y desarrollando lentamente sus propiedades fundamentales como la resistencia y la permeabilidad.

Según la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004, del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C., “el cemento hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad”.

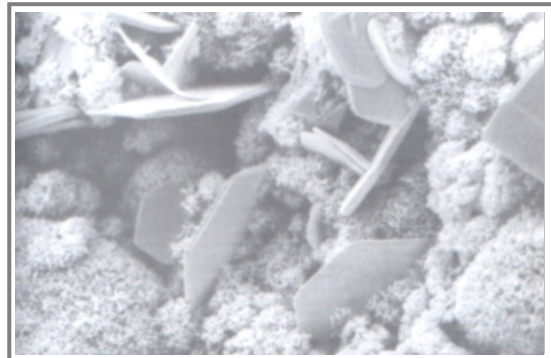


Figura N°1. Pasta de cemento hidratada, se aprecian los componentes mayoritarios que corresponden a los silicatos de calcio como placas hexagonales delgadas.

⁴ Los silicatos alcalinos se combinan con el agua y liberan partículas de calcio, formando cristales.

⁵ La norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999 proporciona 6 tipos de cementos según su composición, planteando designaciones normalizadas para diferenciar a cada uno de ellos: el Cemento Pórtland Ordinario (CPO), Cemento Pórtland Puzolánico (CPP), Cemento Pórtland con Escoria de Alto Horno (CPEG), Cemento Pórtland Compuesto (CPC), Cemento Pórtland con Humo de Sílice (CPS) y Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno (CEG), además de acuerdo a las características especiales pueden ser: resistentes a los ataques de sulfatos (RS), de baja reactividad álcali agregado (BRA), de bajo calor de hidratación (BCH) y de color blanco (B), y finalmente dependiendo de su resistencia mecánica a la compresión a los 28 días y se indicará especificando si es de 20, 30, 30R, 40 ó 40R N/mm² (200, 300 y 400 kg/cm²), con una R final si es de resistencia rápidas a los 3 días.

Cuando al cemento, que es el conglomerante que nos interesa analizar le adicionamos agua formamos una mezcla que conocemos como lechada o pasta, su aportación fundamental a la mezcla es la capacidad para ser moldeada, le da resistencia, versatilidad y la consolidación con los agregados, es también el componente activo del material y presenta reacciones químicas de características exotérmicas.⁶ Al incorporar a esta pasta los agregados finos más conocidos como arenas formaremos el mortero, para finalmente adicionar a ellos los agregados gruesos compuestos de grava o piedra triturada, formando una mezcla uniforme, maleable y plástica, la cual se coloca en moldes hasta que fragüe⁷ y endurece a medida que se forman cristales entrelazados de aluminosilicatos hidratados, tomando resistencia para soportarse a sí misma en un plazo de 12 horas adquiriendo posteriormente consistencia pétreo, estos elementos corresponden a los componentes principales del material más utilizado en la mayoría de las infraestructuras de toda índole a nivel mundial, el concreto.

I.1. Antecedentes Históricos del Material.

Debemos reconocer que la historia nos ha enseñado que el hombre ha buscado materiales conglomerantes desde el inicio de las civilizaciones. *Los asirios y babilonios utilizaron materiales bituminosos⁸ en sus muros; los egipcios utilizaron conglomerantes de cal y yeso en la construcción de la Pirámide de Keops y en otras estructuras. Los conglomerantes romanos han tenido una buena reputación debido a la durabilidad de sus estructuras. Los acueductos y el Coliseo lo confirman.⁹* El concreto que utilizaron se llamó Opus Caementitium, y una de sus obras más relevante es el Pantheon de Agripa en Roma por sus detalles, materiales y procesos constructivos.

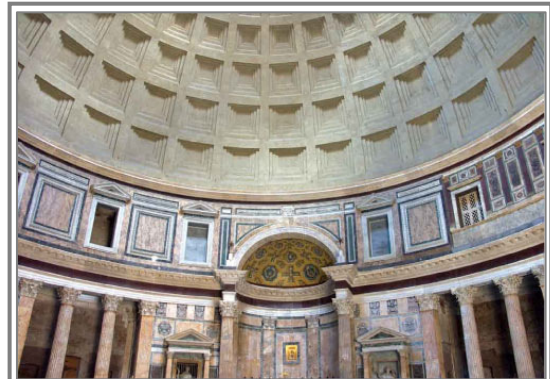


Figura N°2. El Patheon de Agripa, Italia, aprox. 118-128 D.C. Destacan en ella los detalles, materiales y procedimientos constructivos, es una cúpula semiesférica con un diámetro de 43.44 metros lo que la hace la más grande que se ha hecho en la historia. Utilizaron para su construcción cemento con puzolana, además de aligerado.

⁶ Reacciones o características exotérmicas, cualquier reacción química que desprende calor.

⁷ Aumento de la viscosidad, es el lapso necesario para que la mezcla pase del estado fluido al sólido. Existe el fraguado inicial a los 45 minutos de colocada la mezcla y el fraguado final aprox. trascurridas las 12 horas.

⁸ Se denominan Materiales Bituminosos a todos aquellos que en su composición contienen un producto orgánico llamado Betún, en aquel entonces utilizados como aglomerante, actualmente se utilizan en la impermeabilización.

⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO. *La Historia del Cemento, el Concreto y el Concreto Reforzado*. Trad. por Pereira, Juan E. Civil Engineering (noviembre de 1977).

En México se tienen datos de concretos que debemos de considerar como referentes importantes ubicados en la prehispánica ciudad del El Tajín en la región del Totonacapan, al norte del estado de Veracruz. Estos corresponden a conglomerantes de rocas de diversos tamaños unidos con un cementante natural de buena resistencia y durabilidad suficiente para perdurar hasta nuestros días.¹⁰

En El Tajín se utilizó un concreto de peso normal, constituido de cal de piedra como agregado y cal puzolánica¹¹ como cementante. El material resultante se colocó en el piso de uno de los edificios y debido a su peso no se aplicó en las losas. Sin embargo, para resolver el problema, los Totonacas emplearon un agregado ligero de piedra pómez de un tamaño máximo de 10 centímetros, que les permitió obtener un concreto de 1050 a 1100 kg/m³, lo suficientemente ligero como para la construcción de los pisos superiores y de los techos planos.¹²



Figura N°3. El Tajín, (Dios del Trueno), entre los años 600 y 900 D.C., consolida el esplendor de su cultura. Fue una de las primeras ciudades en utilizar una tecnología donde incorporaron un tipo de cementante natural aligerado que perdura hasta nuestros días.

Estos antecedentes nos permiten conocer cómo es posible desde épocas pasadas hasta nuestros días perfeccionar este material compuesto de grandes posibilidades potencialidades dependiendo de los requerimientos y las características que se soliciten de él, dado que al variar algún componente se modifican por completo los resultados, es por esto, que al desarrollar el interés por conocer cada uno de los elementos que lo conforman podremos dar nuevas utilidades o reinterpretaciones; mejorar y corregir los resultados insuficientes, del mismo modo poder modificar sus componentes con certeza y seguridad de nuestros objetivos, apoyados en significativas referencias en torno al material y su historia.

Aunado lo anterior, la popularidad y masificación del concreto llega al incluir dentro de él varillas de acero como refuerzo ante su fragilidad y escasa resistencia a la tensión, dando el

¹⁰ COTTIER CAVIEDES, José Luis. Apuntes de la clase "Investigación en materiales de Construcción." Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. (Septiembre 2009).

¹¹ Material natural o artificial que contiene sílice en forma reactiva. La Puzolana es el nombre que recibe la ceniza volcánica, que proviene de la población de Puzzuoli, en las faldas del Vesubio, donde ya era explotada en tiempos de los romanos.

¹² INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. MAFER, Concretos Prehispánicos. Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N 219, (Septiembre 2006). 60 p.

comienzo de un explosivo crecimiento y utilización del concreto debido en gran medida a la invención del concreto armado. Como antecedente histórico se atribuye la inclusión de acero por primera vez a un jardinero parisino, Joseph Monier (1832-1906), que alrededor de 1860 construyó macetas y baldes de concreto y los reforzó con una malla de alambre de hierro, por las grietas que se generaban o porque se quebraban completamente dichos elementos.

Posteriormente en 1880, François Hennebique (1842-1921) en Francia, vació la losa, las vigas y las columnas en una sola unidad estructural; colocó barras en la parte superior de las vigas y sobre las columnas, para resistir el momento negativo, estribos y barras dobladas cerca de los extremos para resistir la cortante. Hennebique fue reconocido como el iniciador de la construcción monolítica, importante característica del concreto armado.

Más tarde en 1903, Auguste Perret (1874-1954), construye el primer edificio con estructura de concreto armado en la Rue Franklin N°25, Paris. Según palabras de Perret; “es el primer empleo del concreto armado como medio de expresión arquitectónica...”



Figura N°4. El primer edificio con estructura de concreto armado, Auguste Perret (1903). Francia.

Posteriormente personajes notables de la química [análisis y desarrollo de los componentes], electrónica [distinguir y diferenciar visualmente los compuestos, su formación y pruebas con instrumentos necesarios], ingeniería [cálculos, optimizaciones de materiales constituyentes y tiempos de ejecución] y arquitectura [diseño integral y aprovechamientos de las características potenciales del material] involucrados en la historia del concreto armado van escribiendo los hechos que marcan su continuidad hasta nuestros días, además del conocimiento para marchar en el progreso de sus propiedades potenciales, en mejorar su fabricación como también sus procedimientos constructivos.

I.2. El Concreto Armado en México.

La presencia en México del concreto armado tiene más de un siglo, con la introducción del sistema Hennebique en 1901, año en que se establece la primera empresa constructora que

utilizaba este material, formada por el contralmirante Ángel Ortiz Monasterio, padre del arquitecto Manuel Ortiz Monasterio y representante de la casa Hennebique en México, además del ingeniero Miguel Rebolledo y el coronel Fernando González. La primera obra significativa de concreto armado por esta empresa constructora se erigió en la ciudad de Mérida, en Yucatán, en 1904, y fue el edificio llamado entonces “*Ferretería del Candado*”. Posteriormente en el mismo año, se construye el primer inmueble de concreto armado en Ciudad de México, que correspondió a la ampliación de la Secretaría de Relaciones Exteriores, proyectado por el arquitecto Nicolás Mariscal, y el cual demolieron en mayo de 1964 para dar paso a la prolongación de la Avenida Paseo de la Reforma.

En 1930, se construye "el primer rascacielos mexicano", el edificio ubicado en Avenida Juárez N°4, es una obra de los arquitectos mexicanos Manuel Ortiz Monasterio, Bernardo Calderón y Luis Ávila. Debe su nombre a la Compañía de Seguros La Nacional, que ordenó su construcción y fue inaugurado en 1932. Fue el primer edificio de 11 niveles en el país y sirvió como una especie de experimento en sistemas de cimentación y solución estructural que se aprovechó para el diseño de otros edificios en los años siguientes. Su importancia se debe a que es una de las primeras manifestaciones mexicanas de la arquitectura racionalista que se caracterizaba por el uso del concreto armado y del acero. Como todos los edificios de esta corriente arquitectónica, su volumen preside la ornamentación y la forma es producto de la solución estructural.



Figura N°5. Edificio La Nacional, primera edificación en altura de concreto armado en Ciudad de México, en el año 1930.

Sin embargo, la historia de la utilización masiva de este material compuesto tiene poco más de 50 años, y es en los primeros años de su utilización donde aparecen en reiteradas ocasiones los nombres de los arquitectos: Carlos Obregón Santacilia, José Villagrán García, Mario Pani, entre otros, por nombrar a los pioneros en el uso intensivo del concreto armado en México.

Como antecedentes para abordar la historia de la arquitectura mexicana desde el punto de vista de la utilización y desarrollo del concreto armado, debemos de recordar la década de los años 50's, donde se trazó, sobre la zona de Copilco y Cuicuilco, el Campus Central de la

Ciudad Universitaria, de la Universidad Nacional Autónoma de México, lugar donde se realizaron diversas intervenciones de materiales, procesos y diseños a cargo de urbanistas, ingenieros y arquitectos. Bajo la dirección de los arquitectos Mario Pani, Enrique del Moral y Carlos Lazo, los cuales encabezan y organizan la suma de talentos que abarcó generaciones de constructores, maestros y alumnos. Uno de los fundamentos arquitectónicos principales fue y sigue siendo la utilización del concreto armado aparente en sus diversas obras.

Algunos de los hitos que marcan este conjunto de obras arquitectónicas son la Biblioteca Central, con su fachada ciega cubierta por un enorme mural de 4000 m² del arquitecto Juan O’Gorman y el Estadio Olímpico de Ciudad Universitaria, del arquitecto Augusto Pérez Palacios y el pintor Diego Rivera, que surgía como un cono volcánico, muchas de estas obras de concreto armado y otras que se construyen hoy en día, son hitos de la historia de la arquitectura y de la materialización de ella, por esto surge una preocupación que se plasmará en mi investigación debido al escaso mantenimiento que se les proporciona y por otro lado a mejorar aquellas expresiones que se renuevan y construyen con el correr del tiempo, ya que Ciudad Universitaria como mencione anteriormente es el reflejo de todas las épocas trascendentales de la arquitectura mexicana y la utilización del concreto armado en México, al mismo tiempo de ser Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Por otro lado el principal innovador y trasformador del uso del concreto armado en México, fue el arquitecto Félix Candela, que entre 1947 y 1970 realizó lo más notable de su obra creativa. Utilizando cascarones de concreto armado con espesores muy delgados en diferentes proyectos arquitectónicos, marcando la tecnología de la arquitectura de concreto armado en México. Así más tarde se proyectan diversos tipos de edificaciones con este tipo de



Figura N°6. Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de México, abre sus puertas a la comunidad universitaria en 1956.



Figura N°7. Restaurante Los Manantiales, 1957-58, ubicado Xochimilco, del arquitecto Félix Candela con el arquitecto Joaquín Álvarez Ordóñez.

tecnología, donde se optimiza las características del material con una de sus principales propiedades su moldeabilidad, capacidad y potencialidad que hasta nuestros días no se aplica con sabiduría y seguridad. Ejemplos como con el arquitecto Jorge González Reyna, con quien Candela trazó el Pabellón de Rayos Cósmicos, de la UNAM, con el arquitecto Joaquín Álvarez Ordóñez, la idea de Los Manantiales, restaurante ubicado en Xochimilco, y con el arquitecto Antonio Peyri, el Palacio de los Deportes para los Juegos de México, entre otras obras trascendentales de su vida profesional.

Durante esta segunda mitad del siglo XX que exploramos, la gran mayoría de los profesionistas involucrados en la arquitectura y construcción, buscan el dominio del concreto armado, este material compuesto que contribuye a la habitabilidad y al bienestar de las personas, principios esenciales para la arquitectura. Debemos recordar al arquitecto Enrique de la Mora el cual construye el edificio de la compañía de Seguros Monterrey, la Iglesia de la Purísima, el edificio para la Delegación Venustiano Carranza, en el Distrito Federal, que es una estructura colgante, entre otras obras notables.

De igual forma es importante mencionar la obra del arquitecto Juan O’Gorman muy vinculada a la utilización del concreto armado, y al surgimiento de la Arquitectura Moderna en México ya que se le atribuye meritoriamente como el precursor del modernismo y la utilización de la naturaleza de los materiales, al construir su primera obra arquitectónica, con la que marca la historia de la arquitectura en México y en el mundo. Aplicó las ideas modernas a la arquitectura, como el aprovechamiento de las condiciones climáticas, el manejo de colores de la arquitectura popular mexicana y la utilización de materiales aparentes. Construyendo la primera vivienda funcional en Latinoamérica, muestra de ello perdura hasta hoy en día, con las Casas-Estudios que edificó para los pintores mexicanos Diego Rivera y Frida Kahlo, restauradas en 1995-96 respectivamente, bajo los mismos principios.



Figura N°8. Museo Casa Estudio Diego Rivera y Frida Kahlo. En 1931, Juan O’Gorman proyecta y construye la casa-estudio de Diego y Frida.

Alrededor de 1950, en el Pedregal de San Ángel, el ingeniero civil y arquitecto Luis Barragán utilizando el concreto armado plasma con inmensa creatividad la posibilidad de montar casas sobre la abrupta roca volcánica y hacer crecer jardines de gran belleza. Su poética

del espacio es incontenible y así concibe su propia casa que según la UNESCO, es una obra maestra dentro del desarrollo del movimiento moderno, que integra en una nueva síntesis elementos tradicionales y vernáculos, así como diversas corrientes filosóficas y artísticas de todos los tiempos. Por esos años, además, Barragán desplegó un ambicioso proyecto urbanístico en Ciudad Satélite, junto al escultor Mathías Goeritz, con quien levantó más adelante las Torres de Satélite, un monumento al concreto armado.



Figura N°9. En 1948, el ingeniero civil y arquitecto Luis Barragán, proyecta y construye su casa, hoy convertida en museo.

Durante esta precoz vida del concreto armado que investigamos en el México de aquellos años surgen numerosas innovaciones que posteriormente se van perfeccionando y actualizando, por ejemplo en 1961 la cubierta del Gimnasio de la Ciudad Deportiva de Tabasco, en Villahermosa, de los arquitectos Isaac Berkowitz y Marcos Nedvedovich, de forma cóncava y de concreto aligerado. Igualmente, la cubierta colgante para el Instituto de Ciencias y Humanidades de la Universidad de Guadalajara, del arquitecto Salvador de Alba, con losas precoladas de concreto ligero, la Preparatoria 8 de Mixcoac, un proyecto a cargo del arquitecto José Villagrán, y otras escuelas que se edificaron con estructuras prefabricadas. Entre tanto, aparece en esos tiempos el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, que utilizó a gran escala el concreto armado. Los proyectos del Auditorio Nacional, el Museo Nacional de Antropología, el Estadio Azteca, la Basílica de Guadalupe, solo por mencionar algunas de sus significativas obras.



Figura N°10. Basílica de Guadalupe. Construcción dirigida por el Arq. Pedro Ramírez Vázquez, en 1976. Conocida comúnmente como La Villa, resguarda la imagen de la Virgen de Guadalupe.

En el dominio del material aparecieron arquitectos especializados en plantas industriales, como Vladimir Kaspé, Jorge González Reyna, Alejandro Prieto. La empresa Bacardí, en Cuautitlán, obra del arquitecto Ludwig Mies van der Rohe, y el edificio de embotellado, del arquitecto Félix Candela. En el desarrollo de edificios de oficinas descollaron

los arquitectos Héctor Mestre, Manuel de la Colina y Francisco Serrano. Otro experimentador constante de los materiales es el arquitecto Juan José Díaz Infante, quien ha ofrecido soluciones de concreto notables, como su cúpula de gajos precolados y pretensados que construyó para la TAPO. El desarrollo de la industria y de los centros comerciales propulsó el diseño de estas tipologías con grandes exponentes como el arquitecto Juan Sordo Madaleno el cual proyectó Plaza Universidad, Plaza Satélite y Bosques de las Lomas, y antes las fábricas Automex, del arquitecto Ricardo Legorreta, y más tarde el mismo proyecta en 1968 el Hotel Camino Real. Su trabajo representa a la arquitectura mexicana en espacios de competencia internacional.

Otro factor interesante e innovador fue comenzar a explotar las texturas posibles del material, ya que al modificar los componentes principales que lo constituyen y el desarrollo de las técnicas y tecnologías apropiadas se detona y desarrolla este aspecto. Surgió la utilización del concreto cincelado que constituyó una de las aportaciones destacadas en la cultura arquitectónica mexicana. Los arquitectos que hicieron lucir el concreto con masivos ejemplos, todos para recordar, son Teodoro González de León y Abraham Zabludovsky, tanto en sus obras en conjunto como en sus obras individuales. En ellas se revaloriza al muro de concreto, según comenta el arquitecto Teodoro González de León fue una apuesta para minimizar la mano de obra defectuosa..., no obstante, esta técnica utilizada fue optimizándose hasta convertirse en una contribución fundamental.

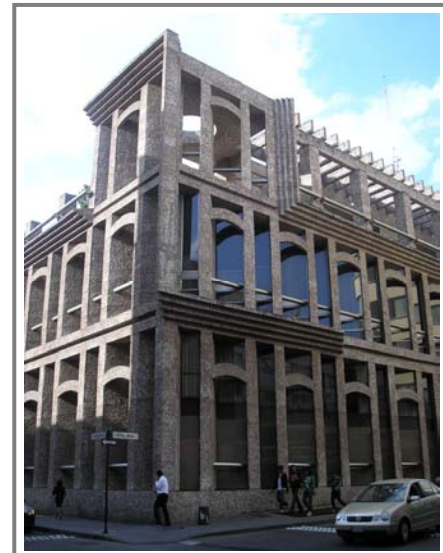


Figura N°11. Oficinas centrales de Banamex, construidas entre los años 86-89, arquitecto Teodoro González de León. Ciudad de México.

“Un aspecto trascendental para la utilización de este material compuesto, es que no exige mucha conservación pero sí la necesita y la característica de nuestra época: que se adapta a todas las formas”, comenta en una entrevista personal el arquitecto Teodoro González de León, recuerda además una frase de Le Corbusier, en cuyo estudio estuvo trabajando al principio de su carrera, que definía al concreto como la piedra del siglo XX.

*“Para nosotros es la piedra moldeable, que se acomoda a nuestras intenciones plásticas, un material que se moldea, pudiendo unir la funcionalidad y la estética del concreto armado”*¹³

¹³ GONZÁLEZ DE LEÓN, Teodoro. Entrevista personal realizada en el despacho del arquitecto. México D.F. 25 de noviembre 2009.

“(...) Los edificios deben poder envejecer bien y resistir el intemperismo que es bestial, el tiempo y el sol a ciertos materiales los deshace. El concreto se porta bien en México. En Japón, por ejemplo, que es muy húmedo, y tienen los mejores concretos que he visto, hechos con una perfección... eso es admirable... No es solo la mano de obra que lo hace y lo que produce la industria de la construcción, compañías, fabricantes de materiales; es todo junto, y el pensamiento de construirlo bien que tienen todos los arquitectos. Se van al detalle último... La tecnología usada al máximo desde el pensamiento, la realización y la industria de la construcción que lo apoya. Es un todo...”¹⁴ (Ver en anexos entrevista completa).

Considero fundamental dirigir mi atención en la experiencia y la fuente directa que nos enriquece el pensamiento y conocimiento, la entrevista antes mencionada y otras que desarrolle durante la investigación detonan múltiples cuestionamientos importantes de mencionar, como por ejemplo: ¿Será más fácil cambiar la mentalidad del profesionista que concibe anticipadamente la obra arquitectónica y posteriormente la dirige, que a las personas que la ejecutan? ¿Debemos mejorar la comunicación y el valor que otorgamos a cada uno y entre cada uno de los involucrados en las obras arquitectónicas? ¿Si conociéramos las propiedades potenciales que nos brinda el material, podríamos exigir mayor preocupación a la parte constructiva y a los resultados obtenidos?

Para finalizar este recorrido por la historia del concreto armado mencionaré al arquitecto Agustín Hernández, quien llevó las formas al límite de la imaginación, utilizando la moldeabilidad del material de forma interesante. En el área de Santa Fé, al poniente de la ciudad de México, nuevas presencias arquitectónicas de concreto armado se concentran en ese entorno urbanístico que se vislumbra seguirá creciendo. Los hoteles Nikko, Presidente, W, Marriot y el Club de Industriales, han reconfigurado la zona hotelera de Polanco, y en Los Cabos, el Hotel Westing Regina, de los arquitectos Javier Sordo Madaleno y José de Yturbe, han creando espacios cosmopolitas que permite apreciar la arquitectura de México.



Figura N°12. Obra del arquitecto Agustín Hernández, Santa Fé, México D.F.

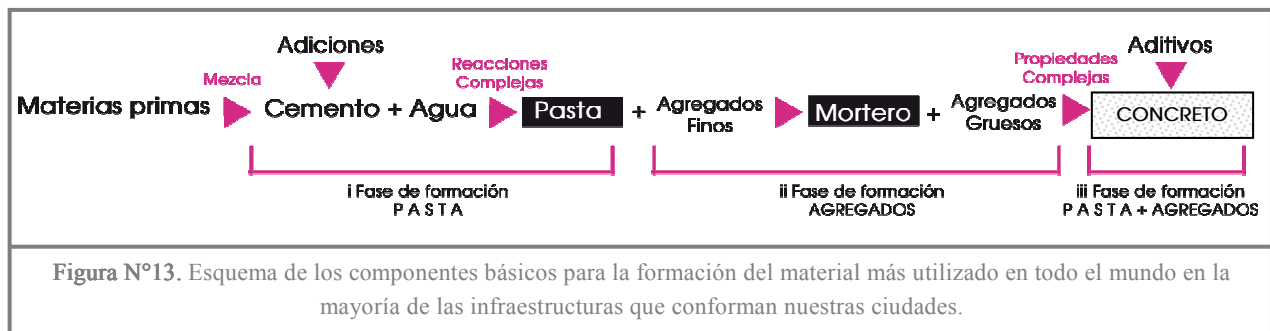
¹⁴ Ibid.

Recapitulando, desde el siglo XX hasta nuestros días el concreto se emplea con abundancia, en todos los aspectos de la vida y de las actividades humanas, brindando habitabilidad y confort a través de viviendas de toda índole, favoreciendo el desarrollo social y urbano mediante diversos tipos de infraestructuras, preservando la salud de las personas a través de redes de saneamiento y almacenamiento de agua potable, como también se ha utilizado concreto armado en obras de gran envergadura como presas, diques, canalizaciones e infraestructuras viales, entre otras obras. Solo aludo a las obras que aparecen en una primera mirada a nuestro entorno, reconociendo que son muchas más las que faltarían por mencionar, a lo que agrego la necesidad de innovación del material y de la actualización y reinterpretación del conocimiento en torno a este por parte de todos los profesionistas relacionados con el tema, ya que para muchos esta historia es reciente.

I.3. Estructura Interna del Concreto Armado.

Es fundamental para la presente investigación conocer este sistema de pasta de cemento [1ª fase de formación del material] que liga partículas en un cuerpo formando una piedra artificial, partículas ya mencionadas denominadas agregados, que corresponden a la segunda fase en la conformación del material. Los agregados son elementos inertes que ocupan entre 70 u 85% del volumen de la masa del concreto. Se debe tener un buen proporcionamiento o diseño de la mezcla en beneficio de la estructura y preocuparse de no disminuir su calidad, esto depende en cierta manera de los agregados, por sus tamaños divididos en finos y gruesos, los cuales deben ser homogéneos, carecer de grietas, restos orgánicos y poseer resistencia a las cargas. Estos aportarán a la pasta un buen rendimiento, le quitan permeabilidad, disminuyen o protegen del cambio de volumen por contracción, ayudan a proteger de la abrasión y la deformación, además de ser un relleno económico, y contribuir en parte con la resistencia propia a la compresión. La tercera y última fase de formación de este material compuesto corresponde a la unión entre los agregados y la pasta, la cual es la más débil de las tres fases y donde se generan los problemas de adherencia y deformación, por esto se deben considerar primordiales las características de los agregados y el tipo de cemento a escoger, si este incluirá o no alguna adición, los cuales son productos naturales o artificiales que se incluyen durante la molienda, constituyendo así los cementos Pórtland con adiciones o cementos especiales, los que, junto con mantener las características propias [fraguado y resistencia], poseen además, cualidades especialmente relacionadas con la durabilidad, resistencia química, entre otras, que veremos más adelante.

Al concreto también pueden adherirse en ocasiones que sea necesario, y es fundamental conocer otro elemento a utilizar en la mezcla, los aditivos, que corresponden a sustancias orgánicas o inorgánicas solubles en agua que se añaden en estado sólido o líquido a los componentes habituales de la mezcla del concreto, en proporción inferior al 5% con respecto al peso del cemento.



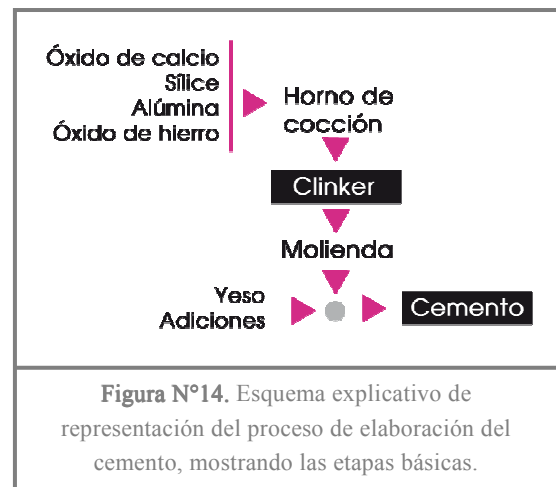
En la historia del cemento y el concreto, debemos destacar y conocer años como 1818 en que el ingeniero francés Joseph Louis Vicat (1786 - 1861), concluye que las materias primas que componían y se proporcionaban en la formación de los cementos hidráulicos, contenían óxido de calcio (C), sílice (S), alúmina (A) y óxido de fierro (F), de una quinta a una cuarta parte del total,¹⁵ dando las pautas a seguir para la elaboración del cemento a través de mezclas en proporciones idóneas. Seis años después, Joseph Aspin (1778 - 1855), genera la primera patente para la fabricación del cemento Portland, denominado de esa forma dado el color del concreto obtenido de esa mezcla, el cual era parecido a la piedra natural de la zona del Puerto Portland, en Inglaterra.

El conocimiento de la composición química del cemento Portland y lo que sucede con él cuando se mezcla con agua fue revelado en 1887 por el químico francés Henry Le Chatelier (1850 – 1936). En su tesis doctoral, identificó correctamente los cuatro minerales primordiales u óxidos principales del cemento que se forman en el proceso de calcinación de las materias primas, estos óxidos se llaman y designan de la siguiente manera: el Silicato Tricálcico (C3S), el Silicato Dicálcico (C2S), el Aluminato Tricálcico (C3A) y el Ferroaluminato Tetracálcico (C4AF), identificando además las características y aportaciones de cada uno de ellos en el proceso de hidratación y endurecimiento del concreto.

¹⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO. "La Historia del Cemento, el Concreto y el Concreto Reforzado." Trad. por Pereira, Juan E. Civil Engineering (noviembre de 1977).

Por lo tanto, el cemento Portland contiene silicatos y aluminatos de calcio formados mediante procesos térmicos y químicos, que incluyen la descomposición de la caliza, la reacción con otros materiales de cantera tales como la arcilla, el mineral de hierro, y la arena; la calcinación y fusión parcial de estos componentes da origen a la formación de nódulos denominados Clinker.

Para entender notablemente al material que nos interesa, al mismo tiempo de abordar y analizar el tema central de la presente investigación referente a la patología superficial del concreto armado aparente, debemos de considerar diversas aristas significativas que nos puedan dar un conocimiento íntegro del tema en cuestión, es por esto, que el proceso de elaboración del material es importante para considerarlo en el razonamiento de sus componentes e impacto ambiental que provocan las envolventes arquitectónicas de dicho material, tema de este primer capítulo que conformará la visión que pretendo exteriorizar, para reducir la insostenibilidad de la arquitectura y la construcción, enfocada a la óptima planeación en una obra arquitectónica desde su concepción, la reinterpretación del conocimiento y utilización del material, mejorar los resultados, al mismo tiempo de poder prevenir defectos superficiales y además entregar herramientas para enfrentar la rehabilitación de una edificación si fuese necesario.



1.3.1. Proceso de Obtención del Cemento.

El proceso de elaboración o método de producción del principal componente del concreto, comienza con la explotación de la cantera cuando se realiza la extracción de las materias primas: piedra caliza, arcillas y margas las que deben contener óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro. Tanto los porcentajes de los óxidos como sus relaciones, deben ser estrictamente controlados mediante diversos análisis químicos.

Para producir una tonelada de cemento es necesario utilizar por lo menos una tonelada y media de las materias primas mencionadas anteriormente (ver paso N°1, Figura N°15), para ser llevadas al proceso de triturado (paso N°2), donde se reducen de tamaño hasta la granulometría

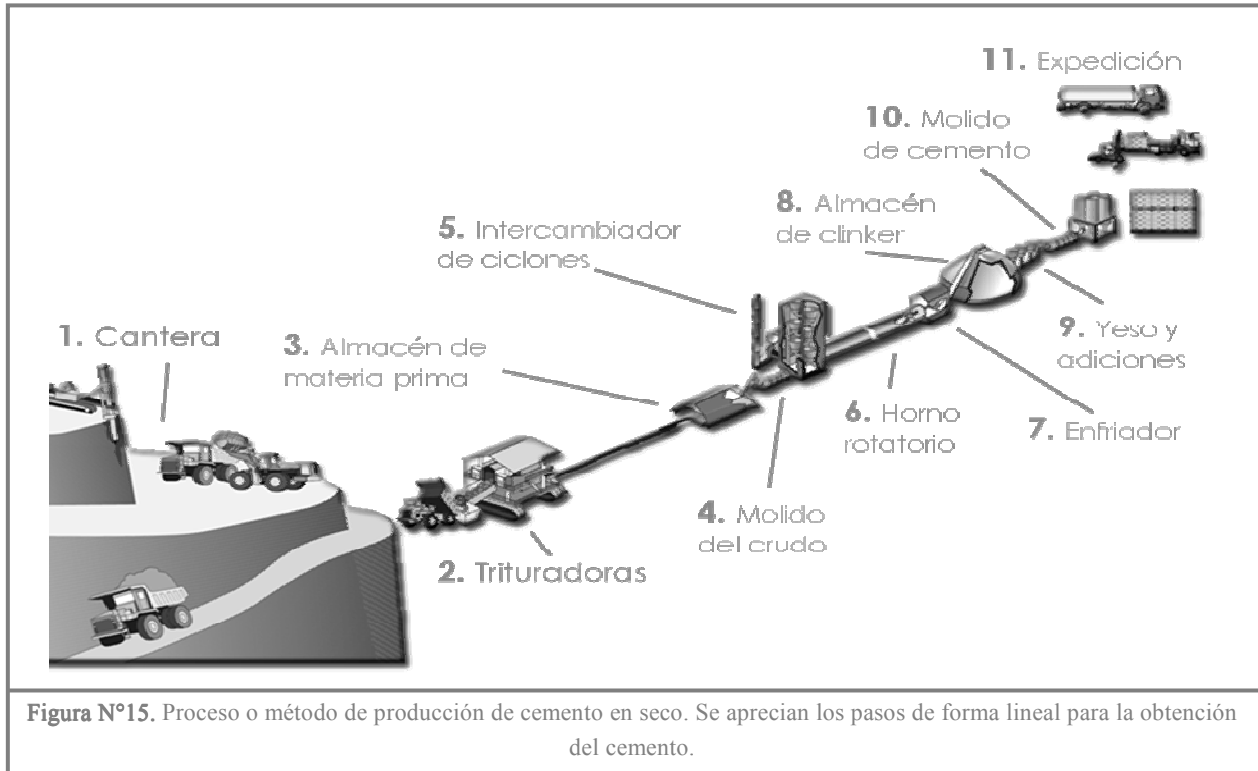


Figura N°15. Proceso o método de producción de cemento en seco. Se aprecian los pasos de forma lineal para la obtención del cemento.

adecuada que es aproximadamente 3", en seguida se almacenan (paso N°3), para luego ser transportadas y homogeneizadas a través de la molienda, mediante un proceso que puede ser húmedo, semi-húmedo o seco, dependiendo de la mayor o menor incorporación de agua al momento de moler, reduciendo su tamaño hasta una medida aproximada de 1" (paso N°4), pasando por intercambiadores de calor o de ciclones (paso N°5) que sacan aire caliente del horno rotatorio (Figura N°16) llevando el molido a temperaturas alrededor de los 200°C., haciendo que el crudo sea deshidratado y a continuación carbonatado, pronto el crudo es sometido a altas temperaturas llegando a los 1500°C., en el horno rotatorio (paso N°6), siendo fundamental la continuidad en esta etapa para las reacciones químicas que dan lugar a la formación de los compuestos mineralógicos del clínker.

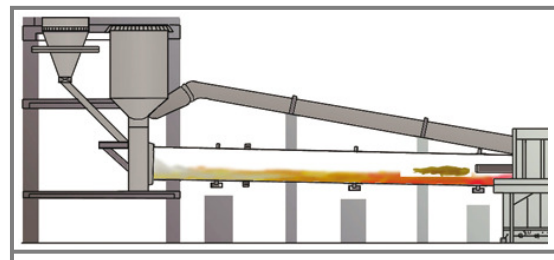


Figura N°16. El material crudo se alimenta por la parte superior y, gracias al movimiento e inclinación del horno, se va desplazando lentamente, encontrándose cada vez con zonas de mayor temperatura hasta llegar a la zona de la llama, donde se produce la clinkerización.

En el paso de los 200°C a los 800°C de temperatura se forma el Ferroaluminato Tetracálcico (C4AF), si este no se forma no se obtiene cemento, luego se formará el Aluminato Tricálcico (C3A) entre los 800°C y los 1200°C de temperatura, posteriormente el Silicato Dicálcico (C2S) entre los 1200°C y los 1300°C y finalmente el Silicato Tricálcico (C3S) superando los 1300°C de temperatura. Saliendo de este proceso unas piedras calcinadas de un tamaño entre $\frac{3}{4}$ " a 1", pasando posteriormente por un enfriador que reduce rápidamente la temperatura y la lleva a 110°C., (paso N°7) para evitar la descomposición del silicato tricálcico, en silicato bicálcico y cal libre, en el paso siguiente es en donde se almacena el clínker para terminar de enfriarse, lugar libre de contaminación y agua (paso n°8), para luego pasar por el molido dándole una finura tipo harina, adicionando posteriormente el sulfato de cal hidratado (yeso) y adiciones si se requiere (pasos N°9-10), y finalmente empaquetar y distribuir en sacos o a granel como mezcla lista para ser utilizada en una obra, cumpliendo requisitos establecidos en la norma NMX-C-414-ONNCCE-2004 (paso N°11).

Sabemos entonces que el cemento Portland es una mezcla de materias primas minerales que generan diversos compuestos químicos mediante sus reacciones, constituido específicamente de un 95% de clínker y un 5% sulfato de cal hidratado, este último colabora con el tiempo de fraguado, ya que sin yeso la mezcla se endurecería en minutos, por lo tanto, es este fundamental para la colocación del concreto en las cimbras y su posterior endurecimiento. La conformación de ese 95% de clínker, que es la parte mayoritaria que yace en la formación de cemento, es de un 98% de los 4 óxidos principales y un 2% de los óxidos secundarios que veremos más adelante.

Si la obra no especificara algún cemento especial se asumiría la utilización del tipo cemento Portland Ordinario (CPO) especificado en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004 o el equivalente que es el tipo I señalado en la norma norteamericana ASTM C-150, en ambos tipos se encuentran proporcionados de la siguiente manera sus componentes: el Silicato Tricálcico (C3S) en un 57.3%, el Silicato Dicálcico (C2S) en un 19.9%, el Aluminato Tricálcico (C3A) en un 11.4% y el Ferroaluminato Tetracálcico (C4AF) en un 8.8% y el resto de porcentaje que corresponde a un 2.6% se divide entre los óxidos secundarios y el yeso.

La formación de los cuatro óxidos principales ocurre a diferentes temperaturas y de cada uno de ellos dependen ciertas particulares del resultado como vemos en la Figura N°16, donde se aprecian las materias primas y la formación de estos óxidos principales, y en la Figura N°17 se aprecia la resistencia a la compresión que aportan estos óxidos dependiendo del tiempo de endurecimiento del material, óxidos que a continuación se detallarán, para entender la parte

interna del cemento y por consiguiente del concreto. Los cuatro componentes principales del cemento se diferenciarán no sólo por el calor liberado en el proceso de hidratación, sino también por la velocidad a la cual se produce la reacción de hidratación siendo diferente en cada uno de ellos, no por esto desligados ya que dependen entre sí para su formación y para las funciones de cada uno de ellos al proceso, dichas funciones estarán determinadas por la cantidad y porcentajes de sus componentes y se reflejarán en los distintos tipos de cemento, por esto se deben conocer para poder especificar según las necesidades del proyecto el tipo de componente principal a utilizar.

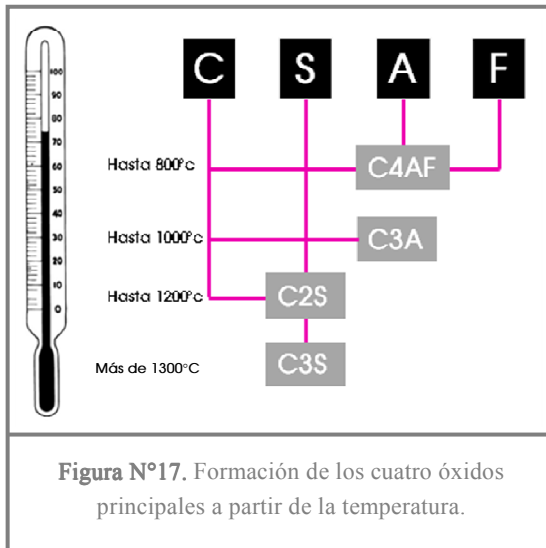


Figura N°17. Formación de los cuatro óxidos principales a partir de la temperatura.

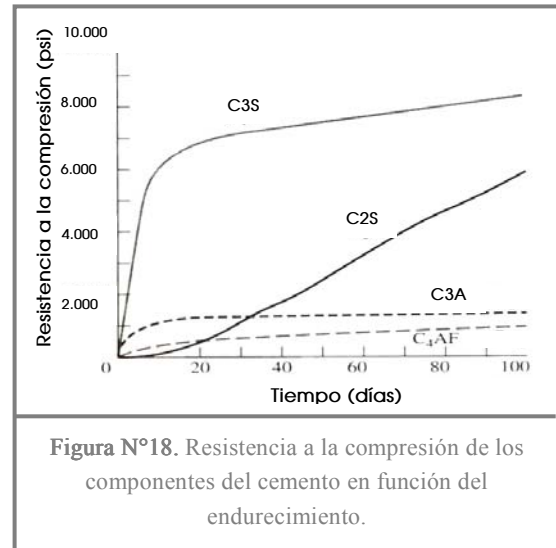


Figura N°18. Resistencia a la compresión de los componentes del cemento en función del endurecimiento.

Propiedades de los componentes del clinker

| PROPIEDAD | COMPONENTE | C3S | C2S | C3A | C4AF |
|---|------------|--------|-------|-----------|-------|
| Resistencia mecánica | | alta | alta | baja | baja |
| Desarrollo resistencia | | rápido | lento | - | - |
| Tiempo fraguado | | corto | largo | Muy corto | corto |
| Calor de fraguado | | alto | bajo | alto | bajo |
| Resistencia química (sulfuros y cloruros) | | medio | alta | Muy baja | alta |

Tabla N°1. Propiedades generales de los componentes principales del clinker.

El Ferroaluminato Tetracálcico (C4AF), es el primer óxido en formarse, se compone de un 46.1% de óxido de calcio, 21% de alúmina y un 32.9% de óxido de hierro. También es denominado Celita clara o Ferrito. Este compuesto presenta un calor de hidratación de 100 cal/gr y una alta estabilidad química, los cementos ricos en este compuesto tienen condiciones de empleo específicas, en todos aquellos casos en que importe más la durabilidad frente a los agentes agresivos químicos que las resistencias mecánicas. Al reducir este compuesto se obtiene cemento blanco por la presencia de un alto grado de óxido de hierro el cual le da el color al cemento.

El Aluminato Tricálcico (C3A), se forma posterior al óxido anterior y se compone de un 62.3% de óxido de calcio y 37.7% de alúmina. Este compuesto presenta un color oscuro ante el examen microscópico. Su fraguado ocurre a una velocidad de hidratación muy alta, hasta el punto de ser casi instantáneo, es por esta razón que la adición de sulfato de cal hidratado se hace indispensable. El aluminato tricálcico contribuye en las resistencias durante las primeras horas, su calor de hidratación es muy elevado 207 cal/gr. Tanto la resistencia del concreto a ciclos de hielo y deshielo así como su resistencia al ataque de sulfatos tiende a disminuir conforme se incrementa el contenido de aluminato tricálcico en el cemento. Este óxido es muy sensible a la acción de sulfatos y cloruros, debido a la formación de sales del tipo sulfoaluminatos y cloroaluminatos, la formación de estas sales es de carácter expansivo, pudiendo originar agrietamiento y como resultado la desintegración del concreto. Se recomienda un contenido máximo de aluminato tricálcico del orden de un 7%.

El Silicato Bicálcico (C2S), también denominado Belita, segunda fase más importante en el proceso de obtención del clinker, y se compone de un 65.1% de óxido de calcio y 34.9% de ácido silícico. Este compuesto presenta cristales relativamente anchos, de contornos redondeados y tamaño variable. El silicato bicálcico tiene una lenta velocidad de hidratación y desarrollo de calor bajo, 62 cal/gr, dada su lenta velocidad de endurecimiento, la contribución de este a las resistencias iniciales es muy pequeña, siendo su efecto posterior la fuente principal de resistencia. Su estabilidad química es bastante buena, por lo que el uso de cementos con alto contenido de silicato bicálcico se utiliza para producir concretos resistentes al ataque de sulfatos.

El Silicato Tricálcico (C3S), también llamado Alita, es la fase principal en la mayoría de los clínteres Pórtland, y se compone de un 73.7% de óxido de calcio y un 26.3% de ácido silícico, siendo el componente mayoritario del cemento, junto con el anterior conforman el 75% de la composición del clinker. Este compuesto presenta cristales poligonales bien formados,

con dimensiones que varían según el grado de cristalización, siendo bien desarrollados cuando la cocción ha tenido lugar a temperatura suficientemente elevada y durante bastante tiempo. El silicato tricálcico contribuye de manera muy importante a las resistencias iniciales, siendo su velocidad de hidratación alta, así también desarrolla un alto calor de hidratación de 120 cal/gr. Se recomienda darle importancia sobre todo en zonas de climas fríos dado su alto calor de hidratación, sin embargo no en construcciones masivas por la baja estabilidad volumétrica que puede causar grietas en la superficie.

Tabla de la Influencia de los componentes del cemento sobre las propiedades del concreto.

| PROPIEDAD | COMPONENTE | CARACTERÍSTICA |
|--|------------|---|
| Comportamiento al fragúe | C3S | Controla el fraguado normal |
| | C3A | Puede causar rigidez prematura |
| Aumento de temperatura durante hidratación | C3S | |
| | C3A | |
| Desarrollo de resistencia | C3S | Responsable de resistencia temprana |
| | C2S | Contribuye a la resistencia a largo plazo |
| Creep ¹⁶ y reducción de volumen | C3S - C2S | Principal contribución |
| | C3A - C4AF | Efectos menores |
| Durabilidad | C3S | Lixiviación de Ca(OH ₂) |
| | C3A | Ataque sulfatos |

Tabla N°2. Propiedades generales de los componentes principales del clinker.

Se constituyen igualmente los óxidos secundarios o componentes minoritarios, estos se producen en el transcurso de la hidratación, en el endurecimiento y al reaccionar con los agregados. Intervienen en el proceso en menor proporción, pero no menor importancia, su contenido es condicionado por ley o por valores obtenidos experimentalmente, a través de análisis químicos con la utilización de microscopio o rayos X. Dentro de los más importantes se encuentran: el óxido de calcio, óxido de magnesio, los álcalis, el azufre, los cloruros, los fluoruros, el fósforo, óxido de titanio y metales pesados.

¹⁶ Creep: deformación plástica bajo carga prolongada dentro del rango elástico.

Los que pudieran provocar algún tipo de inconveniente si la cantidad no es la adecuada y permitida son 4 de ellos: el óxido de calcio (CAO) y el óxido de magnesio (MGO), que provocan deformaciones, y los denominados álcalis que corresponden al óxido de potasio (K₂O) y al óxido de sodio (Na₂O), estos reaccionan en el endurecimiento y pudieran generar compuestos expansivos que reacciona afectando a los agregados, compuestos expansivos higroscópicos que al absorber agua aumentan su tamaño provocando agrietamientos, además de desprendimiento y rompimiento del concreto. La química del concreto nos interesa porque en la composición de él y en su comportamiento se basan una diversidad de reacciones químicas que varían, ya sea en el estado fresco, fraguado y en el endurecimiento de los constituyentes y estas tienen directa relación con las propiedades deseadas del material una vez puesto en servicio.

I.4. Características del Concreto Armado y sus Elementos Constituyentes.

Resumiendo el concreto armado es un material creado por el hombre en un principio como aglutinante con el uso del cemento su principal componente, posteriormente se descubre su gran resistencia a la compresión y durabilidad, no obstante, al incluir dentro de él varillas de acero como refuerzo, es cuando comienza un explosivo crecimiento y utilización de este. La masificación en la utilización de estructuras con dicho material a nivel mundial es relativamente reciente, el auge de ellas pertenece al Siglo XX como veremos más adelante, ya que en este punto enfocaré la información para poder entender como cada componente de este material misceláneo puede presentar ciertos comportamientos indeseables que afectarán al resultado final, con el propósito de razonar sobre el tema central de la presente investigación.

Desde aproximadamente 1970 se va perdiendo la atención en el concreto armado y nos hemos enfocado en la búsqueda de nuevos materiales, lo que no está mal, pero no debemos dejar de lado las posibilidades potenciales que nos brinda este material pétreo, obtenido de forma artificial y conseguir explotarlas perfectamente o lo más cercano a ello. Es sabido que el concreto armado es un material que para al ingeniero y el arquitecto es fundamental, no existe otro material que permita ser moldeado como este, es casi el único material de construcción que llega en bruto a la obra, esta característica hace que sea muy útil en construcción para moldearlo correctamente y aprender a hacerlo, partiendo de la vital y necesaria teoría en torno al material, para llevarla a cabo en la práctica a través de la planeación, dirección, ejecución y puesta en servicio, de los diversos diseños solicitados en obras arquitectónicas que consideren este material.

El concreto armado se utiliza para construir numerosos tipos de estructuras, como autopistas, puentes, túneles, presas, edificios, casas, etc., gracias a las propiedades descubiertas en el transcurso de su historia. Debemos reconocer su resistencia en el agua, a mayor tiempo sumergido en ella se endurece mucho más; esto porque la contiene en su interior entonces forma nuevos componentes con el tiempo de exposición.

Es un buen aislante de la temperatura, bien construido el concreto armado no absorbe, su durabilidad es incomparable con otros materiales de construcción en similares características y es además la propiedad fundamental que contiene a todas las demás propiedades principales que lo caracterizan. La norma mexicana o el reglamento de construcciones nos especifica que debemos diseñar estructuras de concreto armado como mínimo para 50 años, y también es sabido entre los profesionistas y comprobado en casos reales, que una vez construida una obra arquitectónica con cierto tipo de resistencia en el concreto armado utilizado, podemos evaluarla en el transcurso de su vida útil y los resultados nos arrojarán una resistencia mayor a la inicial, ósea, es un material que puede mejorar con el correr del tiempo, sólo sí, sus potencialidades están bien resueltas y no se cometen errores que dependen de nuestro proceder.

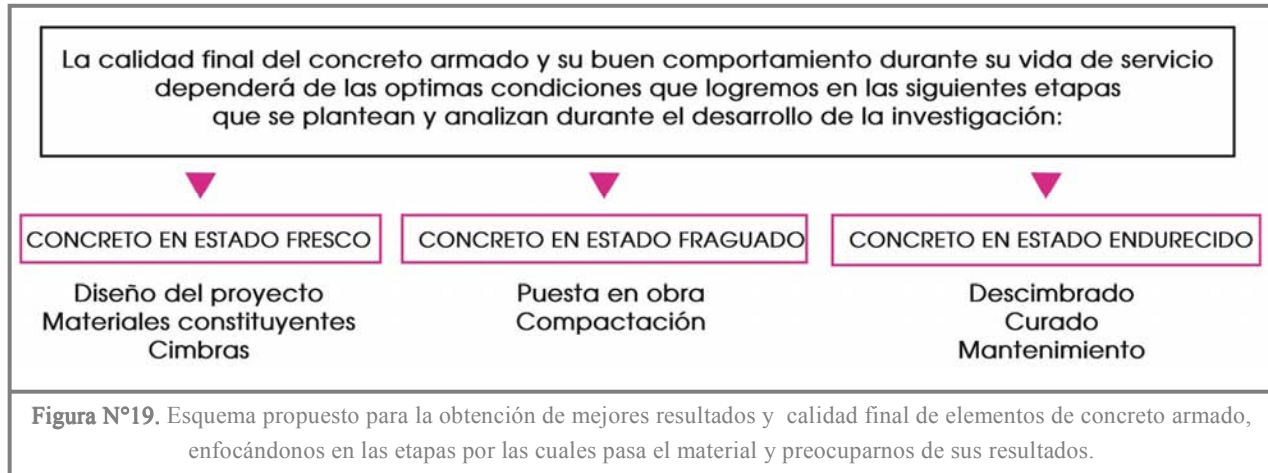
Otras características favorables del concreto armado son su resistencia elevada a la compresión, sobre todo hoy en día con la tecnología de este material desarrollada para mejorar cada día más sus reacciones, comportamientos y durabilidad. Como se menciono anteriormente su resistencia longitudinal es baja, pero reforzándolo con acero a través de un diseño adecuado se puede hacer que la estructura sea tan resistente a la compresión como a la tracción.

Este material compuesto creado por el hombre de forma artificial a través del endurecimiento de una mezcla de cinco componentes: el cemento, el agua, los agregados finos, los agregados gruesos y las armaduras como elementos esenciales, a los que se les añaden con carácter complementario los aditivos y adiciones, según las diferentes dosificaciones de los componentes antes mencionados se obtienen distintos tipos de concretos, con características especiales para cada aplicación constructiva, utilizando el concreto idóneo en cada situación, lograremos una mayor comprensión de nuestras herramientas tecnológicas y técnicas utilizadas ya que este material tiene una apariencia muy simple pero una compleja naturaleza interna.

1.4.1. Calidad Integral del Concreto Armado.

La calidad final de las obras de concreto armado dependerán en gran medida de la preocupación, eficacia y eficiencia que tengamos durante todos los procesos que conlleva el

utilizar este material, complemento y reflexiono sobre la siguiente propuesta, referida hacer hincapié en los tres estados por los cuales pasa el material, trabajando para el cumplimiento de cada uno de ellos en el proceso global, para facilitar la comprensión y el desarrollo eficiente de cada trabajo contenido en estos tres estados, considerados como los objetivos principales de la obra arquitectónica, los que contienen objetivos específicos que se deben cumplir en tiempo y forma para el beneficio del resultado final en nuestras edificaciones.



1.4.2. Ventajas Fundamentales del Concreto Armado.

- Es fácilmente moldeable: el concreto fresco se adapta a cualquier forma que se determine con las cimbras; las armaduras pueden disponerse siguiendo la trayectoria de los esfuerzos internos, por lo tanto se diseña para determinados y necesarios esfuerzos.
- Es resistente al fuego, a los efectos climáticos y a los desgastes mecánicos en mayor tiempo que otros materiales bajo sus mismas condiciones.
- Es apropiado para construcciones monolíticas (sin juntas o uniones), o más bien una estructura continua, el material lo permite si están bien diseñados y calculados sus elementos constructivos, que por tratarse de estructuras de múltiple indeterminación estática poseen, una gran reserva de capacidad portante y un elevado grado de seguridad. Esta característica es debida a que correctamente detallado, posee gran capacidad de absorción y disipación de la energía. Es preciso diseñar estas juntas con detalles y especificaciones, para que formen parte del diseño y no como defectos superficiales que podemos evitar y corregir.

- Es económico (materiales inertes baratos como la arena y el agregado grueso), además en comparación con otros materiales bajo las mismas condiciones necesita menores inversiones.
- Densidad, esta se puede manejar dependiendo de los requerimientos que solicitemos al material, por ejemplo en el caso de lugares con ambientes radioactivos se necesitara mayores densidades para ejercer una especie de bloqueo y en edificios altos las losas probablemente las especificaremos menos densas, por la necesidad de hacer más liviana la estructura portante.
- Impermeabilidad, para utilizarse por ejemplo en tanques, piscinas y albercas de almacenamientos, logradas con la inclusión de aditivos apropiados que permiten la generación de un material impermeable.
- Resistencia a la abrasión, por ejemplo en estructuras sometidas a un intenso tráfico u otros usos, lográndose con la capacidad de resistencia propia de los agregados y de aditivos necesarios.
- Menor consumo de energía para climatizar o calefaccionar recintos, por la inercia térmica y aislamiento que provocan los elementos constructivos con dicho material.
- Menor cantidad de mantenimiento en comparación con otros materiales bajo las mismas circunstancias, pero si debe ser un proceso o etapa necesaria, que se inicia en el endurecimiento del material y durante toda su vida de servicio.

I.4.3. El Cemento.

Para un mejor comportamiento de la estructura debemos de saber recomendar y tener conocimiento de que tipo de cemento se necesita en cada caso en particular, para poder prever su durabilidad y que no se modifiquen ya colocada en un medio determinado una estructura, ósea que no se vea afectada en su interior por el medio circundante, sin mostrar desgastes prematuros y costos anticipados de reparaciones o rehabilitaciones. (Ver en anexos tablas referentes a los tipos, clasificaciones y características de los cementos).

El cemento proporciona la coherencia entre los diferentes componentes que dan lugar al concreto, además parte de la trabajabilidad de él en estado fresco, por la fluidez que nos debe proporcionar la pasta para ser transportada, puesta en obra, colocada en las cimbras,

compactada y una buena adherencia entre esta y las armaduras, todo esto determinado y planificado cuidadosamente por medio de la programación de todas las fases de una construcción y regulados mediante la revisión de las 36 normas mexicanas que atienden el tema del cemento.

La trabajabilidad es una propiedad compuesta que involucra la consistencia y la cohesividad en beneficio de las propiedades fundamentales y casi intrínsecas del concreto armado que son su durabilidad y con ella otras principales como la resistencia si este es producido de forma correcta. Los factores que pueden alterar dicha trabajabilidad son: la relación agua/cemento, mayor cantidad de agua hará concretos débiles y menos durables, pudiendo segregarse¹⁷ y sangrar¹⁸, regulado y especificado en las normas mexicanas especificadas para el componente agua en la mezcla. Otro factor que se debe considerar es el contenido de aire y de aditivos, ambos pueden mejorar la consistencia y cohesividad si son regulados bajo las normas que los conciernen. El tamaño máximo de los agregados (TMA), la granulometría de estos últimos, además de su forma y textura, enfocados a que mientras más redondeados y lisos sean aportarán a la mezcla mejor trabajabilidad.

Lo mencionado anteriormente son los factores relacionados directamente con la mezcla, ahora bien, existen también factores externos a ella que pueden afectar la trabajabilidad del material y que debemos de tomar en consideración, estos se refieren a los tiempos de manejo de la colocación de la mezcla y la temperatura del entorno que pueden afectar el desarrollo del estado de endurecimiento del material.

He mencionado los estados por los cuales pasa el material, solo falta explicar un poco mejor el estado intermedio denominado el estado de fraguado, que ocurre después de la compactación y durante el acabado, cuando comienza a ponerse rígido el concreto, por lo tanto se deben de planificar desde la concepción de la obra los tres estados para no perjudicar el buen desenlace de cada uno de ellos en el objetivo fundamental: construir adecuadamente nuestras estructuras, en tiempo, forma y a la primera, sin defectos ni reparaciones que perjudicarían a todos los actores relacionados con la edificación, los que podemos evitar si tenemos un control y conocimiento de todas las fases que conlleva construir con este material y de las casi 50 normas que se deben de considerar para los tres estados por los cuales pasa el concreto armado.

¹⁷ Separación de los diferentes elementos que conforman la mezcla, debido principalmente por la diferencia de tamaño de las partículas o por exceso de agua presente en la mezcla.

¹⁸ Se refiere cuando el agua migra hacia la superficie del concreto recién mezclado, provocada por asentamiento de los materiales.

Para establecer la trabajabilidad y consistencia del concreto se aplica la prueba de revenimiento, ya que se necesitan mezclas plásticas para tener consistencia y mantener la homogeneidad durante el manejo y colocación, un concreto de bajo revenimiento (menor a 1'') tiene una consistencia dura, finalmente será un concreto difícil de trabajar y no podrá pasar por todas las etapas para lograr su acabado, produciendo defectos superficiales como por ejemplo la exposición del agregado grueso, y una mezcla muy líquida, con revenimientos superiores a 3'' no será cohesiva, pudiendo generar defectos como la fuga de lechada, transparencia del agregado grueso entre otros.



Figura N°20. Prueba de revenimiento. Luego de llenado y compactado con una varilla en tres fases el cono de revenimiento con la mezcla, se levanta cuidadosamente y se coloca al revés tomando en seguida varias mediciones que arrojarán las tolerancias admisibles.

Es importante saber distinguir y considerar el uso de cementos de resistencias determinadas y especificadas por su composición, no por su módulo de finura, características significativas del material que se pueden confundir y provocar algún defecto en el resultado esperado. La resistencia viene fundamentalmente determinada como indique al inicio de este capítulo por los silicatos al igual que su *módulo de elasticidad*,¹⁹ especificados en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999. Debido a la diversa gama de cementos existentes es importante distinguir los de uso general y los de uso especial, la diferencia está en función de la resistencia mecánica desarrollada y la durabilidad que presenta cada uno con respecto al tiempo y los diferentes agentes agresivos.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto, generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designa con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se deben realizar pruebas en especímenes de concreto, *la muestra se toma en tres o más intervalos, no antes del 15% ni después del 85% del total de la descarga, debiendo*

¹⁹ Propiedad muy importante en el comportamiento estructural del material, ya que de esta depende directamente la rigidez que se puede lograr en la estructura y el cumplimiento de los estados límite de servicio, esto quiere decir cómo va a responder a los esfuerzos mientras este en la zona elástica, ósea referente a que tanto se deformará con respecto a la fuerza pero sin perder su forma base, es decir que al quitar la fuerza regrese a su forma original. La ACI (American concrete institute), propone la siguiente expresión: Módulo de elasticidad (E_c)= $15000\sqrt{f'c}$. Fuente: PIRALLA, Meli. *Diseño Estructural*. 2da, Ed. México. Edit. Limusa. 2000. p 261.

*esta ser representativa del concreto entregado,*²⁰ para lograr que se refleje en la obra la calidad del concreto entregado, donde estas pruebas la mayoría de las veces arrojan resultados favorables respecto de las resistencias solicitadas, por lo tanto, solo resta hacer hincapié en la planeación de tiempos y las tres etapas que se llevan a cabo para construir con este material.

Podríamos confundir, creer y establecer como mencione anteriormente la resistencia del concreto mediante el módulo de finura del cemento, ya que mientras más fino sea el cemento más rápido endurece, pretendiendo probablemente sustituir la resistencia temprana que nos otorgan ciertos aditivos por algún requerimiento específico, lo que no es así, porque si bien mientras más fino sea el cemento más rápido ocurren sus reacciones, sin embargo, puede afectar a la calidad final del concreto y provocar que las superficies se deterioren más rápido, una finura alta representa mayor velocidad en la generación de calor y mayor demanda de agua de mezclado en el concreto, cuyas consecuencias son indeseables porque se traducen en mayores cambios volumétricos del concreto y posibles agrietamientos en las estructuras, solamente podría ser eficiente con un mayor compromiso y trabajo en conjunto de las partes involucrados en la obra.

Todo esto se refiere a que al entrar en contacto los granos de cemento con el agua se hidratan, creciendo, para posteriormente saturarse a tal grado de romperse y generar los cristales de silicatos hidratados, iniciando sus reacciones y por consiguiente sus propiedades. En un concreto normal los granos de cemento se hidratan en una profundidad de 0.01 milímetros, por lo que si estos granos son más grandes su rendimiento sería coartado por su interior que quedaría inerte por mucho tiempo, en cambio si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y el calor de hidratación son muy altos y ocurren a mayores velocidades, por lo tanto se recomienda una finura normal. Por otro lado moler las partículas del cemento hasta obtener una finura superior a la normal representa un costo considerablemente mayor. La finura del cemento se mide comúnmente con el método de Blaine (Figura N°21).

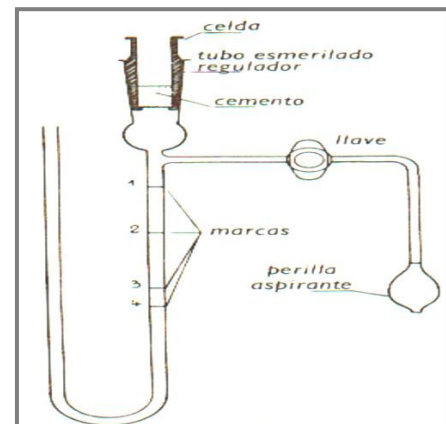


Figura N°21. Aparato de Blaine. La determinación de la finura del cemento se basa en la velocidad de paso del aire a través de una capa de material con determinada porosidad es función del número y del tamaño de los huecos existentes en la capa. En él se determina y expresa en cm^2 la superficie de un gramo de material como si las partículas estuviesen totalmente sueltas.

²⁰ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. MAFER, *Concretos Prehispánicos*. Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N 219, (Septiembre 2006). 60 p.

I.4.3.1. Problemáticas que Dependen del Cemento.

- Suele ser preferible la utilización de cementos con menor calor de hidratación, por menor exotermicidad²¹ y menor demanda de agua, o por otro lado utilizar la mínima cantidad de cemento, obviamente siendo esta cantidad compatible con la resistencia calculada, es preferible utilizar una granulometría correcta y una adecuada relación agua-cemento.
- Retracción por exceso de calor de hidratación: dependerá de la cantidad de cemento por m³ de concreto y del tipo de cemento, produciéndose una diferencia importante entre los centros de los elementos de concreto armado y sus superficies, generándose tensiones, y si estas sobrepasan las resistencias del material se provocan agrietamientos importantes.
- Retracción hidráulica. Disminución de volumen, crece con la relación agua/cemento, con el contenido de cemento, y con la sequedad del ambiente, produciendo un defecto denominado ahogado, fisuras en forma de mapa por la retracción del concreto y su rompimiento con excepción de los agregados, ocurre en las primeras horas de la colocación del material.
- Falso fraguado y retracción plástica: debida a la hidratación rápida del yeso o por una pérdida de agua a edades tempranas, provocando fisuraciones considerables, entre las primeras horas de colocación, como también puede deberse a movimientos prematuras de las cimbras.
- Exceso de cal libre o exceso de magnesia: son expansivas, produciendo fisuraciones en el concreto y estos pueden ser atacables por el agua pura o ácida.
- Reacciones con los áridos: los álcalis del cemento pueden reaccionar con áridos silíceos, dando compuestos expansivos que rompen los agregados, desprendiendo la pasta.

I.4.4. Los Agregados.

Los agregados son esenciales, definen la resistencia del material, su elevada proporción y su forma juegan un rol importante en la trabajabilidad y en el control de la retracción del material, existiendo 27 normas mexicanas al respecto de los agregados (ver listado en anexos).

²¹ La liberación de calor por un sistema producido a través de proceso.

Los agregados finos más conocidos como arenas definen muchas de las características del concreto, le dan volumen a la pasta, actúan como lubricantes del agregado grueso para mejorar el mezclado y que este sea transportado, colocado y compactado, asimismo estos agregados previenen un defecto superficial importante como son las fisuras.

Para que se designe como agregado fino este componente debe pasar por una malla con 4 perforaciones cada 1 cm², todo material que no pase por esta malla se podrá definir como grava o agregado grueso. Los agregados ya sean los finos y los gruesos deben cumplir con las normas NMX-C-111-ONNCCE-2004 y NMX-C-299-1987, más otras 25 normas mexicanas al respecto, en resumen los agregados aportarán a nuestro material: durabilidad, resistencia, cambios volumétricos controlados, peso específico, módulo de elasticidad, resistencia al desgaste y la abrasión, dosificación, trabajabilidad, acabado, tiempo de fraguado, exudación y economía.

Teniendo que pasar por varias pruebas para saber si realmente son compatibles con los requerimientos de cada proyecto en particular entre ellas están las siguientes pruebas: textura superficial y forma, dureza, modulo de elasticidad, coeficiente de dilatación térmica, resistencia a la tensión, absorción, permeabilidad, estructura del poro, estabilidad volumétrica, granulometría, tamaño máximo del árido, módulo de finura y color.

1.4.4.1. Problemáticas que Dependen de los Agregados.

- Exceso de finos (que pueden ser áridos de machaqueo), los que pueden producir baja resistencia mecánica.
- Áridos muy alargados que exigen mayor cantidad de agua y producen bajas resistencias.
- No deben contener impurezas orgánicas, ni en estado, aunque sea mínimo de descomposición.
- No está permitido partículas friables.²²
- No están permitidos los áridos que contengan sustancias solubles en agua.
- Áridos que contengan azufre o pirita, los que reaccionan con el cemento dando compuestos expansivos que destruyen completamente la pasta de concreto.

²² Partículas que se desmenuzan fácilmente.

- Contenido de sílice en estado amorfo, sustancia higroscópica²³ que aumenta su volumen destrozando los agregados gruesos y la pasta.
- Cuidado con la pérdida rápida de agua, que provocaría una retracción plástica ocasionando el asentamiento de los áridos o la segregación.

Tabla de Propiedades de los Agregados.

| PESO | NATURALEZA | FORMA OBTENCIÓN | DE TAMAÑO | FORMA | TEXTURA |
|--------|---------------|--------------------|-----------|-------------|------------|
| Ligero | ígneas | Naturales | Gravas | Esféricas | Vítrea |
| Normal | sedimentarias | Artificiales | Arenas | Redondas | Lisa |
| Denso | metamórficas | Mixtas | | Irregulares | Granular |
| | | | | Angular | Áspero |
| | | | | Alargado | cristalino |
| | | | | | Poroso |

Tabla N°3. Propiedades de los agregados.

1.4.5. El Agua.

Es esencial y necesaria para la hidratación de las partículas o granos de cemento en su primer estado fresco, y en su etapa intermedia el estado de fraguado para que el material vaya adquiriendo sus características. Aporta a la mezcla la fluidez necesaria para la colocación del material en las cimbras. Además de requerirse para completar la hidratación durante el desarrollo de las propiedades y mantener la refrigeración por las reacciones exotérmicas que se generan con el cemento, simultáneamente con reducir la retracción durante el proceso de curado, referido a los cuidados térmicos y la hidratación necesaria que requiere el material para ir madurando sus propiedades fundamentales. Las normas que nos guían en la utilización del componente agua son las siguientes: NMX-C-122-1982 Agua para concreto, NMX-C-277-1979 Agua para concreto, muestreo, y NMX-C-283-1982 Agua para concreto.

Es preferible la menor cantidad de agua posible porque permitirá la obtención de una mayor resistencia y durabilidad, ya que tras la evaporación del agua existe una red porosa abierta al exterior constituyendo una posible vía de penetración para los agentes que causan daños al

²³ Que fácilmente absorben agua del ambiente, se pueden utilizar como agentes de secado.

concreto. Desde 1970 se va perfeccionando esta necesidad con la investigación constante de los aditivos, para soslayar la relación agua/cemento al concreto y así mejorar y potenciar las características principales de este material.

En general el agua de amasado únicamente precisa ser potable. Deben respetarse las limitaciones que fijan las normas. Puede utilizarse agua de mar para concretos en masa, disminuyendo su resistencia aproximadamente en un 15% y normalmente aparecerán defectos superficiales como las eflorescencias o manchas. Para concretos armados no deben utilizarse puesto que el exceso de iones cloro favorece la corrosión de las armaduras.

Si no se conoce exactamente la procedencia del agua se deben aplicar pruebas en especímenes fabricados con agua potable o destilada y compararlos con otros elaborados con el agua de procedencia desconocida, estos últimos deben alcanzar una resistencia a los siete días igual o a lo menos estar alrededor de un 90% con respecto a los especímenes testigo fabricados con el agua potable o destilada, así como también se debe aplicar otra prueba o método donde se utiliza un instrumento denominado aparato de Vicat que determina el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final de una pasta elaborada con cemento Pórtland normal, determinándose si el agua analizada es posible de utilizar, solo sí, en esta prueba se arroja un resultado que refleje una diferencia menor a una hora entre los fraguados del concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, si no también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. Los valores altos de la relación agua-cemento penalizan fuertemente la curva de endurecimiento del concreto a igualdad del resto de las características.

1.4.5.1. Problemáticas que Dependen del Agua.

- Substancias nocivas disueltas en agua que produzcan corrosión química del concreto y del acero de refuerzo, provocando delaminaciones o desprendimientos de pasta.
- Exceso de agua, que disminuyen enormemente la resistencia final del concreto.
- Eflorescencias y manchas en el acabado final de las superficies de concreto armado aparente.

1.4.6. Los Aditivos.

La función de los aditivos es mejorar y cambiar una o varias de las características o propiedades del resultado final, y que este resultado soporte las condiciones para las que ha sido diseñado y fabricado sin mostrar deterioro o desgaste anticipado, el fin es obtener un concreto de mayor calidad y durabilidad frente a los distintos requerimientos.

Son productos que añadidos a la mezcla pueden mejorar sus propiedades con carácter permanente, según nuestros objetivos y metas con respecto a la obtención del resultado solicitado del material es en donde la planeación anticipada de la incorporación de aditivos es primordial, ya que estos pueden mejorar las características o comportamiento en los tres estados del concreto armado. Referente a los aditivos existen 14 normas mexicanas que especifican sus particularidades y requerimientos. (Ver listado en anexos)

En el Estado Fresco la actuación de los aditivos va orientada a mejorar la trabajabilidad y optimizar la cohesividad, sin aumentar o reducir la cantidad de agua en la mezcla, enfocándonos en el alcance de la mezcla hacia zonas de difícil acceso o en mezclas específicas para complejas reparaciones, como también ayuda a disminuir la energía y agua utilizada para trabajar en el estado fresco con el material, por otro lado minimiza las contracciones y pesos volumétricos del material sin alterar su resistencia y durabilidad.

En el Estado de Fraguado sus aportaciones van dirigidas independientemente a los dos procesos de fraguado, ya sea al fraguado inicial durante los primeros 45 minutos de la colocación de la mezcla en las cimbras o al fraguado final dependiendo del requerimiento de la obra. Existiendo aditivos de fraguado extra rápido que se emplean en casos que se requiera endurecimiento en pocos minutos como por ejemplo en la fundición de elementos dentro de cauces de ríos, en el mar o en túneles con filtraciones de agua, como también aditivos para el retraso del endurecimiento para controlar el calor y por consiguiente los defectos superficiales, como también para modificar el asentamiento.

En el Estado de Endurecimiento su presencia va dirigida a mejorar o acelerar la resistencia temprana, como también a optimizar la resistencia química, y la mecánica, mejorando su durabilidad frente a alguna exposición severa. Del mismo modo podemos disminuir la permeabilidad, hacer actuar al material como impermeabilizante. Incrementar la adherencia con las barras de acero de refuerzo y su protección ante la corrosión. Podemos generar con los aditivos concretos espumantes que mejoran la economía frente a algún

requerimiento especial, como selladores, así como parte fundamental para acabados de aplicaciones incorporando texturas o pigmentaciones.

Con las investigaciones e implementaciones de estos se da lugar a los concretos de alto comportamiento, gobernando la tecnología del material para mejorar, perfeccionar y corregir sus fortalezas y debilidades, durante los tres estados del material. Finalmente su utilización no corrige un concreto defectuoso o mal amasado, su incorporación debe estar prevista con anterioridad y ser homogéneamente incorporada ya que por mejorar una característica podemos ver perjudicada otra, o incluso acelerar procesos dañinos para el material. Su dosis no debe superar el 5% del peso del cemento, como se menciono al inicio del capítulo.

I.4.6.1. Clasificación General de los Aditivos.

- *Inclusores de aire:* climas extremos. Para reducir el alveolado, para una estructura de concreto arquitectónico en que quede expuesta solo una cara.
- *Aditivos acelerantes:* no se recomiendan para este tipo de concretos porque pueden contribuir a la corrosión de los metales y al oscurecimiento y moldeado del concreto.
- *Aditivos reductores de agua:* se emplean en este tipo de concreto para reducir la cantidad de agua o para incrementar la trabajabilidad del concreto.
- *Aditivos retardantes de fraguado:* retardar o controlar el fraguado inicial del concreto, cantidades altas pueden causar decoloración o agrietamientos.
- *Aditivos minerales:* para agregar trabajabilidad.
- *Aditivos incorporadores de color:* pigmentos de óxidos ferrosos y férricos.

I.4.7. Las Adiciones.

Materiales suplementarios que se incorporan al cemento, como escorias de alto horno, ceniza volante, humo de sílice, microsílíce y puzolanas. Desde el punto de vista técnico las adiciones deben considerarse al momento de diseñar la mezcla, debido a que se pueden incorporar en grandes cantidades y requieren un cuidado especial en la puesta en obra y su utilización, además durante el proceso constructivo es necesario una supervisión extra.

Generalmente son subproductos de otros procesos o materiales de origen natural. Por sí mismos no tienen propiedades cementantes, pero cuando se utilizan con el cemento, reaccionan formando propiedades con estas características, pudiendo reducir el contenido del cemento, así como también la generación de contaminación en el proceso de producción o elaboración de este, debido a la utilización de millones de toneladas de subproductos que de otra forma serían vertidos en el terreno como desechos.

Se suelen emplear para mejorar de igual forma que los aditivos el desempeño en los tres estados del material. Pueden tener o no tener propiedades hidráulicas, si nos las tienen su influencia será en el estado fresco y en el estado fraguado del material, si presentaran propiedades hidráulicas afectarían al estado endurecimiento, positivamente aumentando su resistencia.

Son principalmente utilizadas para perfeccionar la trabajabilidad, consistencia, revenimiento, disminución de la permeabilidad, mejorar la adherencia entre el árido y la matriz y como resultado el perfeccionamiento de la resistencia a la compresión, la durabilidad y la resistencia final. Pueden aportar al material efectos controladores de calor de hidratación y de esta forma prevenir las fisuras.

El empleo de adiciones en los aglomerantes hidráulicos data de épocas muy antiguas. Por ejemplo, los romanos las utilizaron en sus estructuras en base a morteros de cal y puzolana. Por otro lado, en Francia, un investigador de apellido Loriot, en 1774 aplicó escoria en la fabricación de aglomerantes. Sin embargo, fue en la segunda mitad del siglo XIX cuando recién se comenzaron a realizar estudios sobre la aplicación de adiciones minerales (puzolanas y escorias de altos hornos) en los primeros aglomerantes. Es en la primera década del siglo XX que se especifica el uso del cemento adicionado con un máximo de 30% de escoria; en 1934 se publica la norma oficial en Francia y en 1946 la ASTM la incorpora entre sus normas.²⁴

1.4.8. Las Armaduras.

El acero se coloca ahogado dentro de la masa de concreto para absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura, además de controlar las fisuras provocadas básicamente por las tensiones de fuerzas de tracción que ocurren en el

²⁴ SÁNCHEZ STASIW, Carol. Estudio Experimental del Empleo de Diatomita en la Producción de Concreto de Alto Desempeño. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería, tesis para obtener el título de Ingeniero civil. Lima, Perú. 2008.

concreto cuando se moldea y utiliza como material de algún tipo de obra arquitectónica. Proporcionando la resistencia a la tracción que le falta a nuestra matriz, por esto funcionan como un excelente complemento del punto de vista mecánico, funcional y económico por las propiedades en las cuales se complementan ambos materiales.

El concreto armado es una piedra artificial que puede absorber esfuerzos de flexión, lo cual no es posible con las piedras naturales. Desde el punto de vista funcional, este material compuesto o piedra artificial ofrece ventajas que, en general, no las poseen sus componentes: por ejemplo, la versatilidad de las formas finales que en obra pueden obtenerse a costos y dimensiones razonables.²⁵

El resultante posee propiedades mucho más ventajosas de las que poseen sus componentes si actuaran en forma aislada. Siendo el comportamiento del material dependiente de sus componentes como también de su diseño y del cómo se construyó, ya que a excepción de los prefabricados en general este material se constituye en el sitio. Debiendo colocarse en los elementos de acuerdo con las indicaciones del proyecto y deben sujetarse entre sí y a la cimbra, de tal modo de no experimentar movimientos, la separación de los refuerzos debe estar indicada en el proyecto a fin de lograr el cumplimiento de las resistencias calculadas y los recubrimientos necesarios. Las armaduras o refuerzos cualquiera sea el utilizado dependiendo del proyecto deben estar limpias y exentas de óxidos o cualquier sustancia perjudicial.

La corrugación del acero y la masa de concreto forman una adherencia perfecta, el cual si es suficientemente compacto protege ante la corrosión gracias a la alta alcalinidad del cemento, esta situación de pasividad ante la actividad electroquímica se pierde según avanza el proceso de carbonatación²⁶ del cemento.

1.4.8.1. Definiciones Asociadas a las Armaduras²⁷

- Varilla corrugada de acero. Desde el N°3 (3/8”) al N°12 (1 1/2”). La superficie de la varilla está provista de rebabas o salientes llamadas corrugaciones, que evitan los movimientos y permiten la liga con la masa de concreto.

²⁵ LLOPIZ, Carlos Ricardo. *Características Mecánicas del Hormigón Armado*. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Cátedra: hormigón I, capítulo II. Mendoza, Argentina. 2001.

²⁶ Carbonatación: reacción acida importante para la durabilidad, se debe a la penetración de CO₂ del aire en los poros superficiales del concreto, parte de disuelve en algunos poros y reacciona con la cal libre del cemento y otros compuestos cálcicos, originando un desenso del pH de 12,5 a 9, dejando de ser protector por naturaleza del acero de refuerzo, la profundidad de la carbonatación es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo (ley de Fick).

²⁷ García Rivero, José L. *Manual Técnico de Construcción*. Cementos Apasco, SA de CV. Fernando Porrúa, Edit. 4ta. Ed. México 2008.

- Alambrón. Varilla de acero que está desprovista de rebaba y si las tiene, no cumple con las especificaciones de corrugación, se utiliza para las uniones de las estructuras.
- Malla electrosoldada. Es un elemento fabricado con acero grado 60, laminado en frío, corrugado o liso electrosoldado. Se utiliza para reforzar firmes de concreto y capas de compresión en sistemas de losas aligeradas de concreto.
- Escalerilla. Es un elemento fabricado con acero grado 60, laminado en frío y electrosoldado. Se utiliza para el refuerzo horizontal de muros de tabique rojo recocido o block de cemento.
- Castillos y cadenas presoldados. Son elementos fabricados con acero grado 60, laminado en frío, corrugado y electrosoldado. Se utiliza para reforzar castillos y cadenas de concreto.

1.4.9. El Aire.

El contenido de aire del concreto desempeña una importante función en factores tales como la resistencia a congelación y descongelación, la durabilidad, la permeabilidad, porosidad y la trabajabilidad del concreto en estado fresco.

Resulta esencial analizar con pruebas que nos confieran una seguridad con el fin de certificar uniformidad en la mezcla de parte de la empresa proveedora, especialmente cuando se emplean aditivos inclusores de aire.

El contenido admitido de aire esta alrededor de un 2,5% como componente adquirido mediante un procedimiento normal en la mezcla y si se requiere un aditivo que lo incorpora, debe estar en un rango permitido hasta un 8% controlado y verificado con instrumentos apropiados, por ejemplo para construir en climas fríos, se utiliza aditivos inclusores de aire por obtener una mezcla con menor cantidad de agua y por consiguiente prevenimos la congelación de ella. La norma mexicana que determina el contenido de aire del concreto es NMX-C-155-1987.

2 CAPÍTULO

2CAPÍTULO / TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ARMADO. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

Cuando se requiere, se solicita, se diseña y se construye algún tipo de sistema estructural de concreto armado, sea una losa o puentes de grandes claros, alguna obra de ingeniería, obras viales, vías de comunicación, obras urbanas, entre otras manifestaciones constructivas, debemos de considerar desde un principio el potencial de contaminación e impactos que se generan al construir algo tan esencial para el desarrollo de la vida en la Tierra, y además considerar el potencial económico y social que debiera albergar dicha manifestación, sumándole un gran valor al capital creado, valor a largo plazo, premisa fundamental que debiéramos tener todos al momento de abordar alguna obra, en el campo de la arquitectura y construcción.

La visión que aspiro a fomentar va dirigida hacia la construcción sostenible, enfocada a crear y mantener inversiones arquitectónicas sólidas, considerando el capital social y humano [necesidad de arquitectura, edificios socialmente útiles y culturalmente aceptados, que trasciendan para que no pierdan el valor fácilmente, deteriorándose, dañándose y finalmente demoliéndose], el capital económico [transformación de materias primas en materiales y fuentes económicas, utilizando la tecnología²⁸ del concreto armado a través de técnicas constructivas en beneficio del ser humano] y el capital medioambiental [respeto a la biodiversidad y el entorno, reconociendo todos los sistemas naturales o ecosistemas, no sólo el nuestro], por esto, es imprescindible el dominio de la tecnología del concreto armado, que es el conjunto de conocimientos fundamentales y necesarios que giran en torno a este material creado por el hombre en su conjunto y complejidad, el concreto armado es el material más técnico que poseemos en la arquitectura y esta a su vez es la gran técnica que lo utiliza.

La tecnología del concreto armado abarca desde la naturaleza del material; sus antecedentes históricos y evoluciones; materias primas, componentes y cálculos estructurales; procesos de fabricación y producción; herramientas e instrumentos, hasta las técnicas constructivas utilizadas para lograr los objetivos deseados, por consiguiente, la tecnología del concreto armado nos proporciona ante todo, lo esencial y primordial para manipular y construir con este material compuesto obras arquitectónicas de toda índole, es uno de los materiales más utilizamos y que gracias a la evolución obtenida de este material misceláneo desde su origen

²⁸ La tecnología es la aplicación del conocimiento científico a la solución de problemas prácticos, el desarrollo tecnológico baja costos de un país, por lo tanto es una de las mejores vías para la inversión y posible desarrollo de cada sociedad. Fuente: REYNA, Francisco. Apuntes de la clase Teoría de la Tecnología. Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2010.

hasta nuestros días de parte de todas las áreas o campos involucrados en su perfeccionamiento, podemos especificar y diseñar un tipo de concreto para cada obra en particular con sus características especiales, formas, texturas, durabilidad, y todo cuanto necesitemos para el logro de la calidad final y los acabados requeridos por los diseñadores de cada uno de los proyectos que lo incorporen, por esto, la tecnología del material es sin duda de gran relevancia para el campo de la arquitectura y la construcción.

Por consiguiente, los profesionistas involucrados en dichas áreas debemos de incorporar el conocimiento que nos proporciona la tecnología del concreto armado y preocuparnos en el aprovechamiento de sus posibilidades potenciales, de las características óptimas y necesarias en los tres estados por los cuales pasa dicho material como también en sus procedimientos constructivos, su comportamiento y durabilidad, además de las técnicas utilizadas y transferidas tradicionalmente en su amplio espectro, que van desde la dosificación de los elementos constituyentes, el mezclado, el transporte, la colocación, el curado, la compactación, la protección, el control y la puesta en servicio, para mejorar el actual desempeño obtenido en nuestras obras de concreto armado aparente.

Reflexionando sobre lo anterior aparecen múltiples ideas, al respecto de cierto tipo de enfermedad tecnológica, referida a la mala utilización del conocimiento o tal vez la ausencia de la comprensión de la tecnología del concreto armado, además de no incluir aspectos tan importantes como el capital social y humano, el capital económico, y el capital medioambiental en nuestras obras arquitectónicas, generando defectos en los cuales el consumidor (usuario) juega un rol casi nulo en cuanto a los derechos de pretender su bienestar, confort, y el goce por la arquitectura en su totalidad, reflejándose en prácticas indeseables de las técnicas constructivas y desperdiciando la tecnología del material.

Es significativo dar una mirada hacia atrás y aprender de la experiencia de los profesionistas que nos anteceden, con esto se enriquece en gran medida la comprensión y el conocimiento para mejorar nuestras intervenciones en arquitectura y en construcción, en este sentido y por el tema que tocamos en este capítulo recordemos al connotado arquitecto Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969), el cual hace un tiempo atrás, se refirió a que lo ideal para la arquitectura era caminar junto a las tecnologías que la rodean y que estas fueran reflejos mutuos,²⁹ a lo cual 20 años más tarde se requiere y se demanda, antes esta podría sonar como una ideología hoy debe ser una premisa de proyecto, proyectar anticipándonos a defectos, fallos o errores es hoy una

²⁹ PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, 2006.

necesidad de calidad y bienestar social, debemos desarrollar nuestra visión patológica y educarnos visualmente, recordemos que la arquitectura es la materialización de la forma, lograda a través de métodos y técnicas constructivas, por lo tanto, es esencial adquirir un mayor compromiso y preocupación en los resultados obtenidos en nuestras obras arquitectónicas de concreto armado aparente.

El concreto es un material para todos cotidiano, a lo mejor por esto se nos pierden de vista un sin número de defectos que no pertenecen a su naturaleza y además que con las tecnologías y técnicas de hoy en día no debieran estar permitidos ¿Será que nos acostumbramos a ellos? o ¿Será que no nos importa el deterioro? ya que se ha perdido el valor de conjunto y solo importa el egocentrismo de quienes solo les interesa construir por construir, sin un trasfondo sostenible. *“El objeto no es solo materia tangible o una forma más de manifestación física de la cultura; está y aquél nos caracteriza como género (Homo) y permite adaptarnos a la naturaleza, adaptándola a nuestra extraordinaria diversidad como especie (Sapiens)”*³⁰ Finalmente el enfoque es reunir conocimiento científico, además de la comprensión de la tecnología del concreto armado aparente, para que en definitiva podamos comprender las técnicas en torno al material y materializar la arquitectura, con una visión sostenible.

II.1. El Capital Social y Humano.

“Necesidad de arquitectura, edificios socialmente útiles y culturalmente aceptados, que trasciendan para que no pierdan el valor fácilmente, deteriorándose, dañándose y finalmente demoliéndose.”

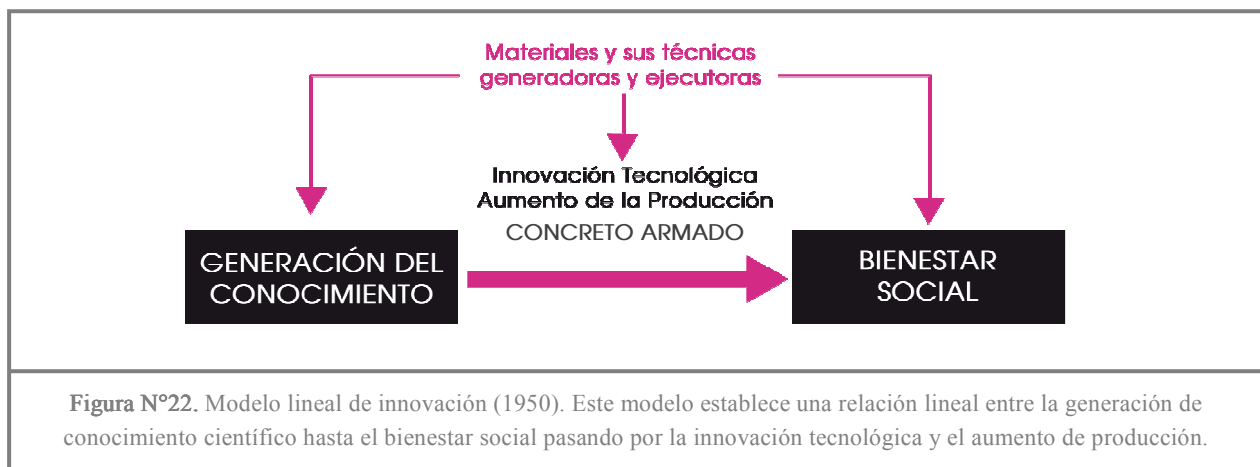
El ser humano, entendido como el ser único que satisface sus necesidades a través de la creación, desarrolla procesos para sus logros y superaciones, planifica, prevé, proyecta, corrige, se cuestiona, investiga, responde, se integra a una estructura social, entre un sin número de características que nos identifican y que generan soluciones para minimizar las carencias o debilidades que presentamos, lográndose estas soluciones a través de los diferentes instrumentos y herramientas creadas para ser manejadas por medio de técnicas para el logro de nuestros objetivos sociales y humanos. Ante esto, la actividad humana por excelencia es la arquitectura, el ser humano requiere de ella para constituirse en la tierra, por esto la arquitectura es necesaria y se manifiesta mediante la realización de procesos o técnicas constructivas con la

³⁰ MARTÍN JUEZ, Martín. *Contribuciones para una antropología del diseño*. Edit. Gedisa. México. 2002.

utilización de la tecnología, entendida esta última como la *aplicación del conocimiento científico a la solución de problemas prácticos*.³¹

Complementando lo anterior Ernest Kapp, filósofo de la tecnología, le da un valor antropológico a la técnica y manifiesta claramente lo que mencione al inicio de este párrafo, explicando la acción del hombre sobre la naturaleza no sólo como un producto de la mente, sino también como una prolongación del cuerpo. Su hipótesis se conoce como la “Teoría Prostética de la Tecnología”. Veía a las máquinas y herramientas como prótesis de los órganos. Gracias a la técnica, el hombre se hacía consciente de sus posibilidades, a medida que extendía su dominio sobre la naturaleza. *La tecnología debía ser el instrumento para liberar al hombre de sus miserias, y debía servir especialmente a las clases menos favorecidas*.³²

En la búsqueda por satisfacer las necesidades arquitectónicas, el ser humano descubre los materiales minerales y sus posibles utilidades y propiedades. A través del manejo de técnicas se hace consciente de ello, posteriormente por medio de la observación, el razonamiento y la experimentación logra crear ciertas prótesis para suplir las insuficiencias para el progreso de estas técnicas, he aquí el comienzo de la tecnología del concreto armado, el que necesitó de instrumentos para lograr la evolución que tenemos hoy de este material, ya que gracias a esto, podemos diseñar, especificar y alcanzar los requerimientos, composición, comportamientos, y vida de servicio que nos proporciona el material en nuestras obras arquitectónicas. El gran uso del concreto armado en casi todo tipo de edificaciones se ha producido gracias al avance técnico y tecnológico que ha caracterizado su evolución.



³¹ Fuente: REYNA, Francisco. Apuntes de la clase *Teoría de la Tecnología*. Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2010.

³² CAPANNA, PABLO. *Un filósofo en el exilio*. Fuente: Reyna Gómez, Francisco. Apuntes de la clase “Teoría de la Tecnología.” Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2010.

II.1.1. Potencialidades del Concreto Armado para el Capital Social y Humano.

El concreto armado presenta diversas propiedades principales en beneficio del capital social y humano, que se complementan con otras que ya me he referido en el capítulo anterior. La posibilidad que tiene este material compuesto de diseñarse desde su fabricación para cada requerimiento de manera específica, es una propiedad trascendental que debemos de reconocer y adquirir su conocimiento, para lograr aprovechar esta característica fundamental que nos permite crear en condiciones extremas, ubicaciones o formas complejas, además de un sin número de solicitaciones.

Adicional a las propiedades potenciales anteriores también se debe mencionar la que considero la más importante que se analizará en el siguiente punto, su durabilidad, la que acoge a todas las demás propiedades como son: sus características mecánicas, su resistencia a la compresión; obtenida por la naturaleza de sus componentes, su resistencia a la tracción al incorporar acero de refuerzo a la mezcla, su resistencia al fuego, al intemperismo y a ambientes agresivos, características que vemos a diario en la mayoría de las infraestructuras urbanas, además el concreto armado es de bajo costo, si se analiza en iguales condiciones con otros materiales, y su mantenimiento es relativamente sencillo, pero necesario. El concreto armado se caracteriza por tener otra propiedad fundamental que va referida a lograr edificar estructuras continuas y monolíticas, dando lugar a enlaces de carácter hiperestático,³³ lo que le confiere gran seguridad frente a sismos, además de la creación de sencillas uniones y conexiones, mencionado en el capítulo anterior. Su adaptabilidad a las distintas formas permite la realización de un sin número de tipologías estructurales, logrando concebir adecuadamente cada proyecto con sus necesidades particulares.

Las cualidades o propiedades plásticas del concreto armado, su alta resistencia a la compresión y su trabajo en conjunto con el acero permiten, además de un trabajo estructural eficiente, una gran posibilidad de acabado, con la exposición del material tanto en exterior como en interior. Razones por las cuales se utiliza este material pétreo en la mayoría de las infraestructuras de todo mundo. Igualmente debemos agregar que su elevado *calor específico*³⁴ lo hace muy útil para emplear estrategias pasivas de aprovechamiento de la radiación solar, con la utilización de la llamada *inercia térmica*³⁵ del material, que junto con un adecuado diseño podrían reducir los efectos contaminantes asociados a los mecanismos de calefacción y climatización.

³³ Un sistema hiperestático es aquel en el cual los nudos giran, es decir que las deformaciones se transmiten a las barras colindantes.

³⁴ Cantidad de energía necesaria para aumentar en 1 °C la temperatura de 1 kg de material.

³⁵ La *inercia térmica* es la capacidad de un material para acumular y ceder calor.

Tecnologías altamente contaminantes, *casi un 50% de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar las edificaciones.*³⁶

Además recordar que desde el origen la arquitectura contempla el diseño bioclimático junto con la materialización de ella a través de la optimización de los materiales de construcción, ya que sin ellos la arquitectura no existe, todo esto considerando las cualidades potenciales del concreto armado para mejorar la disposición de los recursos y el bienestar de las personas a través de ambientes adecuadamente diseñados y convenientemente dispuestas e incorporadas sus propiedades potenciales. Si aprovechamos dichas propiedades potenciales del material realizaremos inversiones arquitectónicas a largo plazo, beneficiando al ser humano y al entorno, ya que el concreto armado nos permite crear espacios de gran confort, habitabilidad y calidad del ambiente, ya sea por su plasticidad, dimensiones y cualidades estéticas, y por otro lado, su durabilidad nos permite un aprovechamiento de los recursos utilizados para su fabricación durante un tiempo muy extenso. No se puede reducir el consumo de arquitectura, pero su producción debe ser sostenible.

*Un edificio será una construcción sostenible si en su concepción, ejecución, vida de servicio y disposición final, contribuye al beneficio de la persona en su doble condición de ser consigo (habitar) y ser con los demás (poblar), de manera compatible con la sustentabilidad del planeta.*³⁷ Por lo tanto los edificios son grandes consumidores de materias primas, al igual que la energía incorporada y los residuos eliminados en su proceso constructivo, entonces debemos de construirlos para que perduren en el tiempo sin desgaste ni reparaciones anticipadas.

Para que las capacidades y propiedades principales del concreto armado se generen y se desarrollen de manera eficiente, se deben de cumplir otras propiedades importantes que pueden afectar el buen comportamiento del material, y a las que también en más de alguna ocasión ya me he referido, estas se presentan durante los estados por los cuales que pasa el material. En el Estado Fresco afectará que la mezcla no tenga trabajabilidad y cohesión, propiedades que nos permiten que los componentes no se separen y que exista una homogeneidad durante el mezclado. En el Estado Endurecido afectará la densidad, dependiendo de las demandas requeridas, pudiendo ser ligero, normal, o pesado entre otras densidades que se pueden obtener con los materiales constituyentes. La porosidad, impermeabilidad, entre otras propiedades que se deben cumplir durante el proceso de fabricación y colocación del concreto armado.

³⁶ EDWARDS, Brian. *Guía básica de la Sostenibilidad*. 2^{da} Ed. Edit. Gustavo Gili, Barcelona. 2008, 3 p.

³⁷ HERRERA, Tato. *Arquitectura sostenible para un planeta sustentable*. Levante-EMV. (26-02-06). Arquitecto y profesor de Universidad Politécnica de Valencia. Fuente: <http://e-valencia.org/index.php?name=News&file=article&sid=8435>, consultada en febrero 2010.

II.1.2. Durabilidad del Concreto Armado.

La masificación en la utilización de estructuras de concreto armado a nivel mundial es relativamente reciente, por lo tanto es nuestra labor como profesionistas involucrarnos realizando evaluaciones y soluciones eficientes además de congruentes, a todas las edificaciones que presenten defectos superficiales que afecten su durabilidad, definida como la *capacidad de dichas estructuras de mantener sus propiedades a lo largo del tiempo sin que afecte a la seguridad, funcionalidad, estabilidad y al aspecto con el cual han sido diseñadas.*³⁸

Hace un tiempo atrás, se creía que las estructuras de concreto armado eran eternas, sin contemplar que ocurrirían gastos anticipados de reparaciones por fallas, defectos o errores que se presentan en las diferentes etapas, a partir del diseño y considerando incluso la disposición final de las edificaciones, ya sea la demolición parcial o total por no cumplir con su vida de servicio estimada. *Al existir preocupación por la durabilidad de las estructuras, se asegura como mínimo su vida útil proyectada, con ello se hace más eficiente el uso de los recursos y, por tanto, se disminuye el impacto ambiental asociado a la construcción de obras nuevas.*³⁹ *Es indiscutible que el edificio que menos daña el entorno es el que ya está construido.*⁴⁰

La durabilidad de una estructura de concreto armado es su capacidad para soportar las acciones mecánicas, los ataques físicos, químicos u otros procesos de deterioro durante el ciclo de vida para el que ha sido proyectada con un mínimo, pero necesario mantenimiento. En este sentido, la evolución con la que se han conseguido concretos de altas prestaciones, ha elevado considerablemente la durabilidad de las estructuras y su vida útil o de servicio. Esta mejora hace que el concreto sea uno de los materiales más adecuados para atender la exigencia social de una construcción sostenible. Las estructuras de concreto armado tienen vidas útiles muy elevadas, además al finalizarla, este material se puede reciclar: como áridos para la construcción o para fabricar nuevos materiales.

Como consecuencia de lo anterior debemos de especificar el concepto de vida útil o de servicio de una estructura, el cual relaciona el comportamiento de ella en un tiempo suficientemente extenso bajo ciertas y determinadas condiciones. Por tanto se definirá como, el tiempo en que

³⁸ SANJUÁN, Miguel Ángel y Pedro Castro BARBUDO. *Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto*. D.F. México. Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.C. (IMCYC). 2001.

³⁹ Idea extraída de entrevista a CARVAJAL, Ana María. Licenciada en Química de la PUC, con postítulo en control y prevención de la corrosión, Máster en perspectivas de la construcción y sus materiales para el siglo XXI, España. Académica Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile, boletín N° 36. Centro Tecnológico del Hormigón.

⁴⁰ SORIA LÓPEZ, Javier y MERAZ QUINTANA, Leonardo. *En torno al Concepto de Reutilización arquitectónica*. Universidad Nacional Autónoma de México. Revista Bitácora Arquitectura n° 17. D.F. México. 2007. 34 p.

una estructura conserva requisitos previstos de seguridad, funcionalidad y estética, con gastos mínimos de mantenimiento. Como sabemos entonces, la vida útil o de servicio va directamente relacionada con el balance de consumos del usuario durante la utilización de la construcción, donde las evaluaciones y mantenimiento de dicha construcción sean casi imperceptibles para él.

Existiendo dos fases para entender el concepto de vida útil o de servicio de una estructura para poder actuar en el momento justo y necesario cuando se requiera. Se presenta una etapa de inicio, donde debemos de preocuparnos de todo el mantenimiento preventivo, ya que se presentan daños menores y la idea es evitar la degradación de la estructura, este tiempo ha sido previsto por el diseñador, llegando a su ocaso cuando las protecciones han sido sobrepasadas por los agentes agresores, pero aún, no se ha iniciado el debilitamiento de la estructura.

La segunda fase es la propagación, cuando se ha sobrepasado la etapa inicial y esta avanza rápidamente, además de que los costos de reparación comienzan a elevarse considerablemente, evidenciándose a través de los distintos tipos de síntomas del deterioro o degradación. *Por otra parte si la estructura es mantenida periódicamente o rehabilitada (resanada, reparada, reforzada o protegida), necesariamente se da origen a una nueva vida útil o de servicio, cuya extensión en el tiempo dependerá del tipo de mantenimiento o de rehabilitación efectuados.*⁴¹

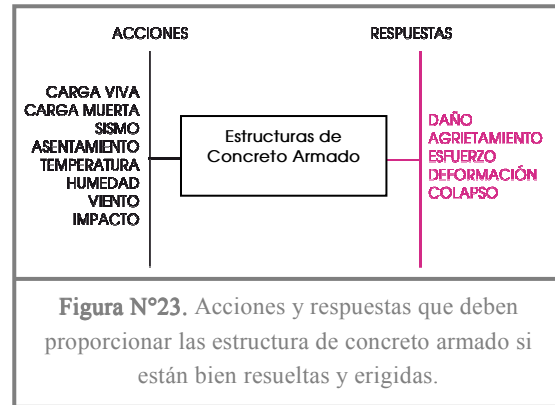
La durabilidad es una de las propiedades más importantes del concreto armado, debido a que es indispensable que tenga la calidad y capacidad para resistir las acciones a las cuales estará expuesto en su vida de servicio. Llegando el final de ella cuando sus propiedades se han deteriorado a tal punto que continuar utilizando la estructura sería costoso e inseguro. *Construir estructuras de concreto que, además de resistentes, sean durables, requiere de manera ineludible desarrollar especificaciones con ese fin.*⁴² Añadiendo la planificación y supervisión eficiente en todas las etapas de una obra arquitectónica y los necesarios mantenimientos preventivos periódicos.

Debemos de tener puestos los cinco sentidos en nuestras estructuras desde su concepción para obtener las óptimas características de ella, para que soporten las acciones que las afectarán y que además sean capaces de generar las mejores respuestas que nos permite el material, ningún material es intrínsecamente durable por sí sólo, por esto es importante reconocer que es en la etapa de proyecto donde se generan mayores defectos, por ello es esencial el conocimiento y el

⁴¹ SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, *Durabilidad y Patología del Concreto*. Primera edición. Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto. Colombia, 2006.

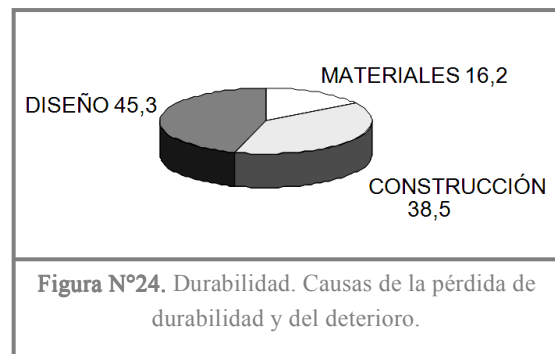
⁴² LAMOND, Joseph F. *Diseñar para Obtener Durabilidad*. Fuente: <http://www.imcyc.com>.

mantenimiento en todas las etapas de una obra arquitectónica, en esta investigación nos enfocaremos específicamente a envolventes arquitectónicas con el material expuesto, pero debiéramos considerar los procesos sistemáticos y recomendaciones que se presentarán ya que se podrían aplicar a otros elementos que formen parte de una estructura arquitectónica y la visión que pretendo exteriorizar y aplicar, acoge a cualquier material que pretendamos sea parte de una construcción sostenible.



Es importante desarrollar procedimientos de evaluaciones periódicas y rehabilitaciones para la gran cantidad de estructuras existentes cuya durabilidad es considerablemente menor a la durabilidad esperada. El envejecimiento y el deterioro es un proceso natural e inevitable de todo cuanto existe en la tierra y los materiales de construcción y por consiguiente las edificaciones no son ajenas a este proceso. El principal problema no es que se deterioren, sino cómo se deterioran y a qué velocidad lo efectúan, existiendo materiales que envejecen y se deterioran con mayor dignidad que otros, pero todos sin duda alguna, requieren de un mínimo de mantenimiento para sobrevivir de la mejor manera a los cambios que se suscitan durante su vida útil y eso es lo importante, ya que destruir edificios es un derroche tanto en términos de energía y materiales como en términos de tejido urbano. Por esto, se debe seleccionar una composición óptima del material y proyectar un diseño coherente en la estructura para poder resistir la degradación de agentes externos durante el tiempo que el material nos permite.

El diseño de una estructura de concreto armado requiere una investigación del entorno microclimático en el que va a funcionar, esta debe ser al comienzo del proyecto, no cuando se están preparando las especificaciones finales. Existen estudios que atribuyen los fallos y defectos en la calidad de los materiales un 16,2%, siendo los errores de ejecución un 38,5% y más de un 40% a errores de diseño y/o cálculo.



La durabilidad del concreto armado depende en gran medida de los procesos químicos que desarrollan tanto el cemento como los agregados principalmente, como también de los demás componentes, de las condiciones de curado y de la exposición a una variedad de efectos ambientales. Las reacciones químicas que ocurren durante la hidratación de los minerales del clinker determinan la micro-estructura del concreto, su comportamiento, su interacción y durabilidad. El concreto endurecido es químicamente reactivo. Por eso, debemos preocuparnos de entregar a la estructura características que la hagan resistente durante su vida de servicio y su prolongación desde la concepción de ella.

II.1.2.1. Factores y Procesos que Intervienen en la Durabilidad

Los factores o causas que intervienen en la durabilidad, pueden ser tanto internos como externos al concreto armado, y el grado de lesión reflejado en él, dependerá en gran medida de la calidad del material. Presentaremos dos figuras o modelos en los cuales se reflejarán los factores que intervienen y reducen la durabilidad en las estructuras de concreto armado, para tomar en cuenta cada uno de ellos al momento de diseñar y proyectar una obra arquitectónica. Considerando primero un modelo llamado de equilibrio, donde se observa un conjunto de acciones en relación con la capacidad de servicio que afectan la durabilidad del concreto armado y pudiendo así entender los mecanismos de falla de una estructura de este material.

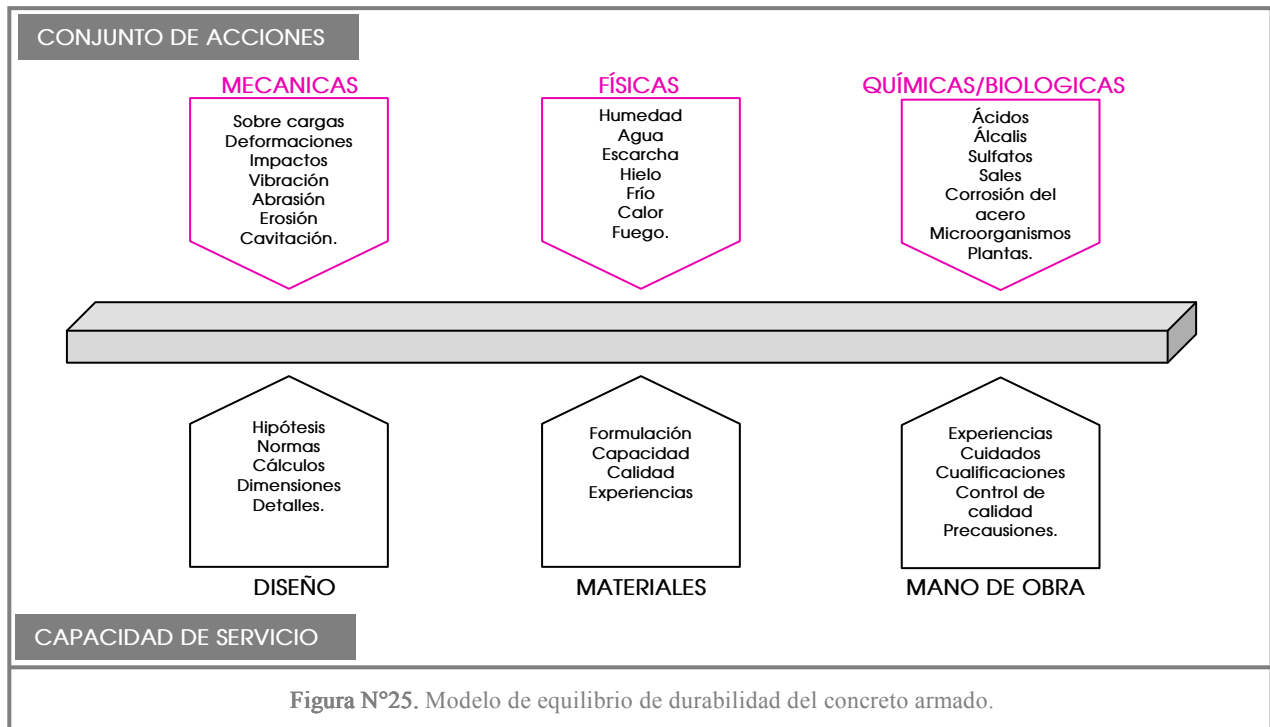


Figura N°25. Modelo de equilibrio de durabilidad del concreto armado.

El segundo modelo creado para clarificar los procesos y factores que intervienen en la durabilidad, en base a bibliografía especializada en el tema y a profesionistas involucrados en la materia, incorporando a diferencia de otros posibles modelos factores como el mantenimiento y el medio ambiente, como también los tres estados fundamentales del material.

En el siguiente modelo podemos observar que se puede reducir la durabilidad que nos otorga el concreto armado en cualquiera de los tres estados por los cuales pasa una estructura con dicho material, consideremos que dentro de estos tres estados hay procesos que se deben de analizar a fondo, pero para la comprensión en global estimaremos a nivel macro el análisis. En cada uno de los tres estados las acciones ya sean mecánicas, físicas, químicas/biológicas, y del medio ambiente, pueden hacerse presente negativamente, actuando como mecanismos de transporte de agentes agresivos, o afectando directamente a través de la disminución del comportamiento y de la reducción de las propiedades potenciales, reflejándose en el deterioro del material, en la corrosión del acero de refuerzo y finalmente teniendo que realizar una disposición final fatal, todo esto por afectar ya sea la resistencia, rigidez, permeabilidad y las condiciones superficiales de la estructura de concreto armado, afectando por consiguiente a la seguridad, funcionalidad, hermeticidad y aspecto, por lo tanto una reducción de su durabilidad y vida útil.

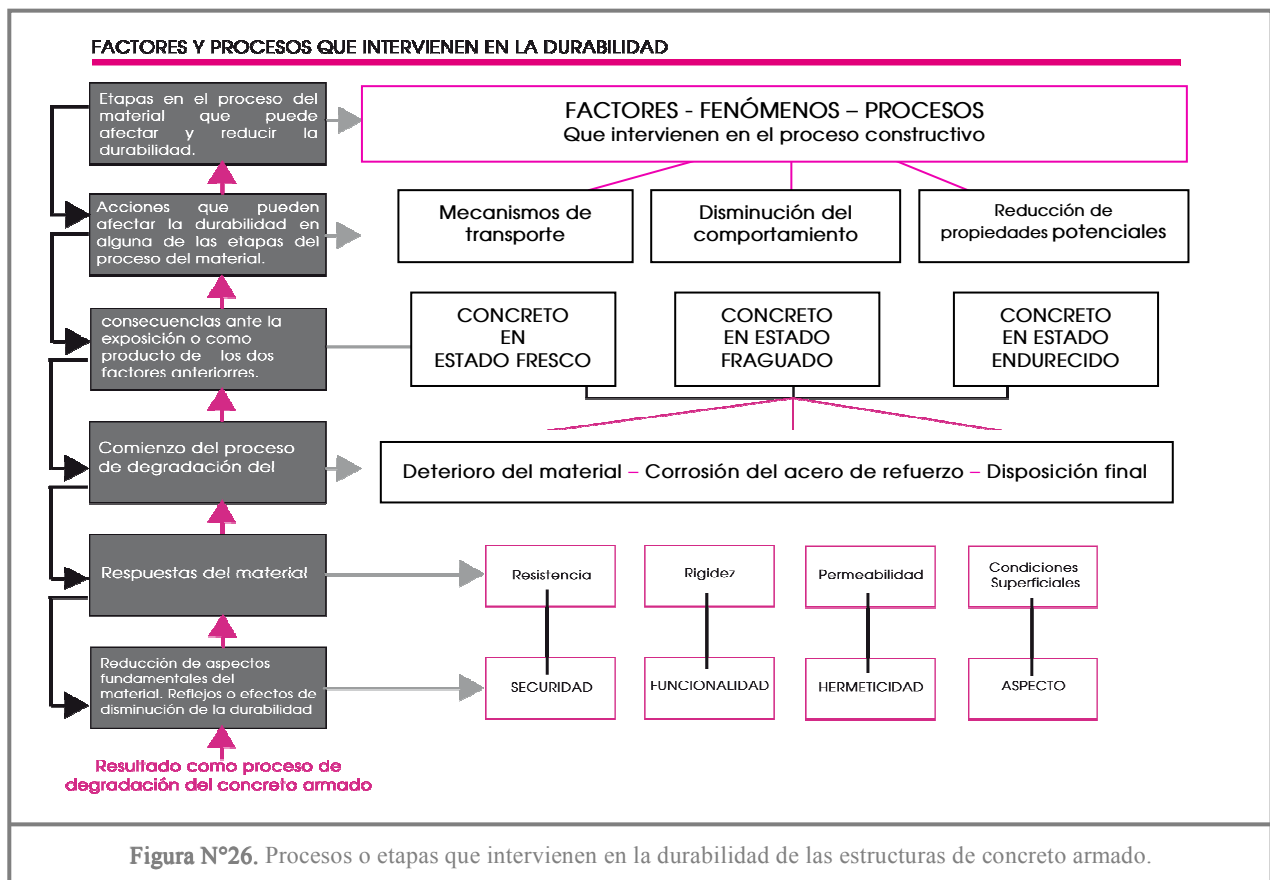
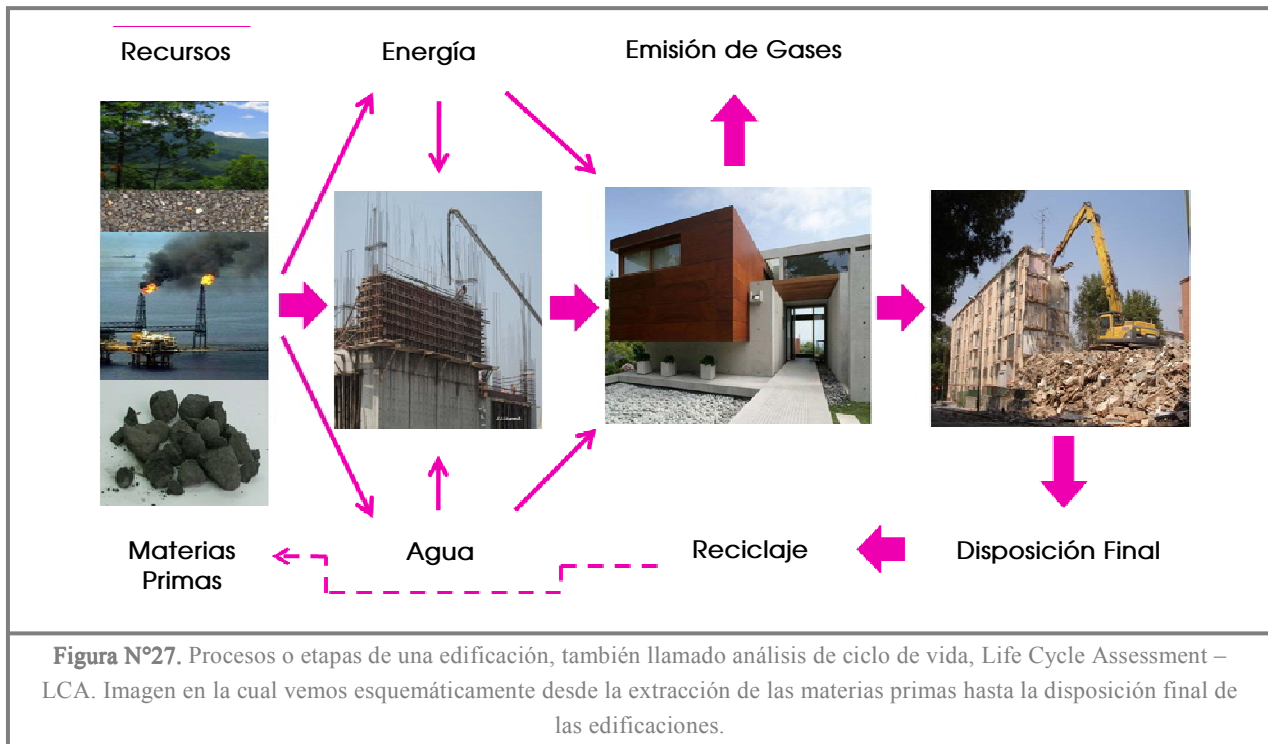


Figura N°26. Procesos o etapas que intervienen en la durabilidad de las estructuras de concreto armado.

II.2. El Capital Económico.

“Transformación de materias primas en materiales y fuentes económicas, utilizando la tecnología del concreto armado a través de técnicas constructivas en beneficio del ser humano.”

Los materiales de construcción para el medio ambiente y la salud humana causan un impacto que debemos de conocer, considerar y resolver en las diferentes etapas que presentan en sus procesos, ya sea en la extracción de las materias primas, la utilización de recursos naturales sean estos renovables o no renovables, en el manejo de energías, el uso del agua (actualmente tan importante), la emisión de gases contaminantes, como enfrenta la vida útil el material en la ejecución de la obra arquitectónica y posteriormente como será su comportamiento como residuo o disposición final. (Ver Figura N°28).



Corresponde considerar que el consumo de recursos naturales, en su elevada explotación puede llevar al agotamiento de ellos, que el consumo de energía y de emisiones contaminantes que se utilizan y producen en el sector de la construcción es notable y su elevada utilización ocasiona aumento del calentamiento global, a partir de las emisiones de CO₂, y no menos importante es reflexionar en cuanto al impacto sobre los ecosistemas que se provocan. Las materias primas con las que se fabrica el cemento: piedra caliza y margas, son de las más

abundantes del planeta, prácticamente inagotables, pero su sobrexplotación podría causar su agotamiento además de la afectación al paisaje del cual se extraen. Por lo tanto, estos recursos naturales abundantes pero no renovables se deben proteger o más bien equilibrar su procedencia, manteniendo un juicio prudente en su extracción, asimismo como lo realizan algunas empresas del sector del cemento, exigir una reconstitución del entorno de donde se extraen dichas materias primas, a través de la restauración de las canteras con especies vegetales autóctonas y preservando la fauna existente.

II.2.1. Gastos Energéticos Asociados al Concreto Armado.

El concreto se presenta como un material de un impacto pequeño al medio ambiente si lo analizamos aislado, pero se estima que gran parte del porcentaje del impacto ambiental es generado por dicho material dentro de lo que contamina el sector de la construcción. El concreto está en una categoría altamente contaminante, este problema radica principalmente cuando se plantea el análisis en el uso masivo que se hace de él, ya que la mayoría de la infraestructura del mundo está producida con dicho material. Los principales impactos estriban inicialmente en su fase de extracción, es decir la alteración que se produce en el terreno, la modificación de ecosistemas y del paisaje. Posteriormente en la calcinación de la materia prima y, por su peso, el transporte requieren un consumo de energía elevado; por eso se aconseja el empleo de materiales locales evitando el gasto de energía ocasionada por este último punto. Este tipo de material, debido a su uso masivo, como mencione anteriormente es uno de los principales responsables del colapso de vertederos. En la actualidad, y dada la escasa legislación a nivel mundial referente a los residuos de construcción y demolición, emergen iniciativas encaminadas a comercializar y utilizar áridos reciclados para relleno, para la fabricación de morteros y concretos en todo el mundo.

Estadísticas mundiales exponen que en el año 2005, en la Unión Europea, la construcción de edificios consumía el 40% de los materiales, generaba el 40% de los residuos y otro 40% de la energía,⁴³ por lo tanto en ese entonces era un sector de considerable contaminación y consumo, circunstancias que no han cambiado sustancialmente. Por otro lado la huella ecológica⁴⁴ de Londres supera 125 veces su superficie. EE.UU con una huella 1,8

⁴³ GOJBERG, Norman. "Reducción de gases de efecto invernadero, construcción sustentable en Chile." *Seminario: Cambio Climático en Chile – Oferta de Bonos de Carbono y de Servicios Ambientales al Mundo*. GBC-CHILE. Encuentro Internacional. Santiago de Chile. Junio 2003.

⁴⁴ La *huella ecológica* es el consumo de recursos y la producción de desechos de un área biológicamente productiva, que explote una población además de la utilización de los recursos del espacio marino necesario para mantener a dicha población.

veces mayor a su *biocapacidad*⁴⁵ y China 2,3 veces.⁴⁶ En el año 2006, se desplazaron 96 millones de toneladas de cemento, dentro de Europa. Esto lo señalo por el impacto al medio ambiente que tiene este proceso de transporte del material y Latinoamérica no está ajena a estos índices. Por otro lado la construcción de una vivienda de concreto armado requiere 300 toneladas de materias primas de origen en canteras, y un edificio de 30 pisos supera las 6.000 toneladas. En la producción de 1 tonelada cemento se necesita alrededor de 1,6 toneladas de materia prima, además de yeso, consumiéndose en total 1,65 toneladas aproximadamente de materia prima.⁴⁷

El cemento, además de ser altamente consumidor de energía, puede ocasionar peligros para la salud humana. Por ello, debemos de considerar medidas de prevención en su manipulación para controlar tanto la inhalación de polvo como las irritaciones y quemaduras en contacto con la piel de los trabajadores durante el proceso de su elaboración o en las adiciones que se incorporen a la mezcla. La producción mundial del cemento fue de más de 2.500 millones de toneladas en el año 2007. Estimando una dosificación de cemento entre 250 y 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto, significa que se podrían producir de 8.000 a 10.000 millones de metros cúbicos, que equivalen a 1,5 metros cúbicos de concreto por persona. Ningún material de construcción ha sido usado en tales cantidades y en un futuro no parece existir otro material de construcción que pueda competir con él en magnitud de volumen.⁴⁸

Es importante saber que la energía necesaria para generar clinker es de unos 1.700 joule por gramo, como también para la fabricación de 1 kg de clinker Portland se utilizan aproximadamente 120 gramos de carbón y/o 3.6 MJ (mega joule) de energía,⁴⁹ debemos de recordar que el carbón y el petróleo, son recursos naturales no renovables, y son los principales combustibles que se utilizan en el proceso; por lo tanto la explotación de estos recursos naturales no renovables se debe de cuestionar. La utilización de tanta energía es básicamente provocada por la calcinación de la piedra, principal fuente de emisión de gases y de partículas contaminantes por las chimeneas de las fábricas de producción de cemento. *El cemento emite 860 Kg. de CO2 por tonelada de clinker, de los cuales el 60% pertenece a este proceso.*⁵⁰

⁴⁵ La *biocapacidad* de un área específica biológicamente productiva es generar un abastecimiento regular de recursos renovables y de absorber los desechos resultantes de su consumo.

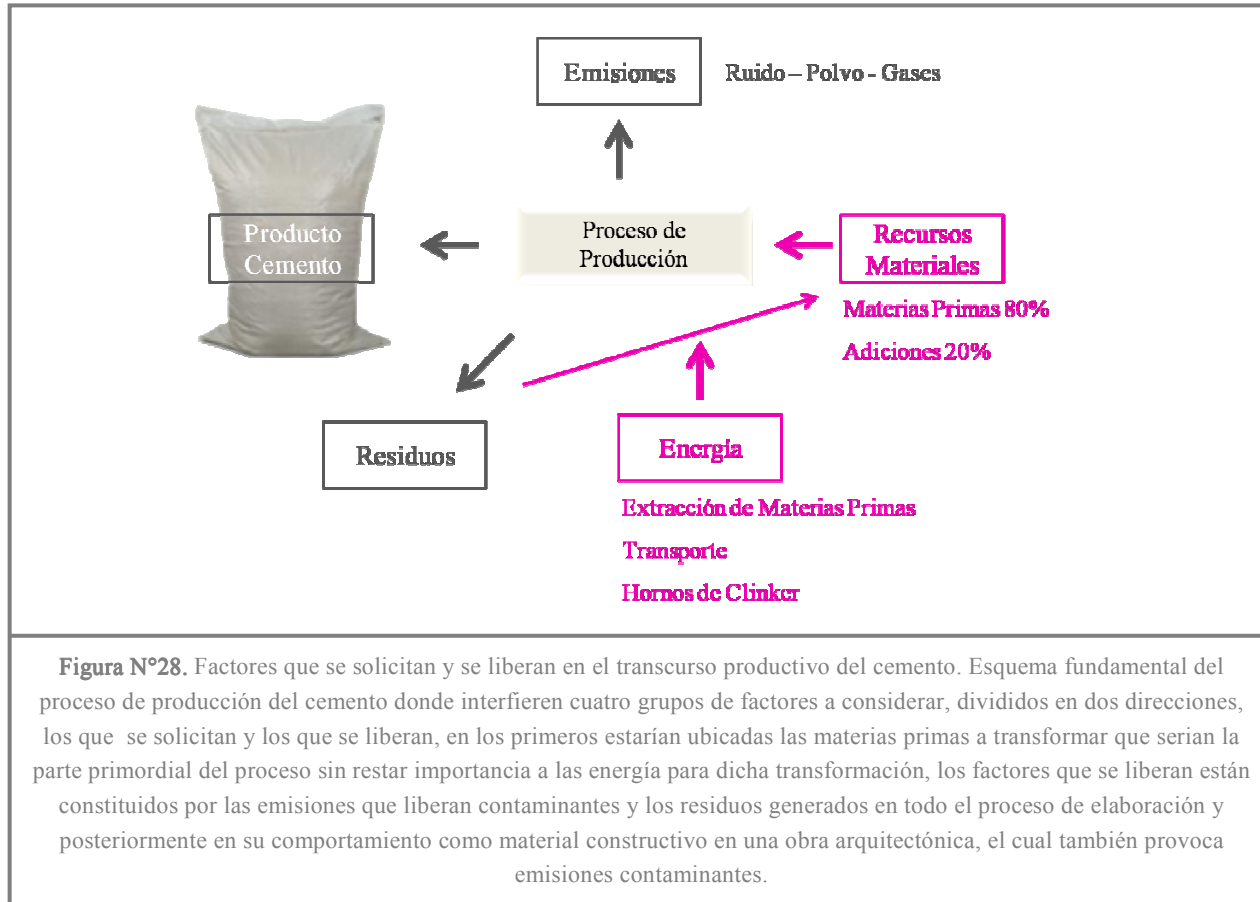
⁴⁶ NIEVA BAÑO, Antonio y Alberto, VIGIL-ESCALERA DEL POZO. *Guía de Construcción Sostenible*. Barcelona, España. Edit. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. Nov. 2005. 16 p.

⁴⁷ CROUS, Antoni y otros. Ciment Català (Agrupación de Fabricantes de Cemento de Catalunya), *Memoria de la Sostenibilidad 2007*. 2da ed. Febrero 2008.

⁴⁸ FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO. OSSA M. Carlos A. *La Vivienda Sostenible un Desafío Latinoamericano*. V foro de vivienda, El Salvador. (Julio 2008).

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Energía, industria y sociedad. Cementos Cosmos. Santiago de Compostela, mayo 2006. Cementos de Portugal, SGPS, S.A. (CIMPOR), Lisboa.



II.2.2. Tabla de Gastos Energéticos de los Componentes del Concreto Armado.

| Aspectos Analizados | Adaptabilidad | Gastos | | | |
|---|---|---|--|-------------------|---|
| | | Energía | Materiales | Tiempo-Hombre | Contaminación |
| Sistema Constructivo: Hecho en el Lugar | Estructuras monolíticas dificultan la adaptabilidad. | 18.09 kwh total por m3 de concreto. | Por m3 de concreto: 350 lts. de agua 308 kg. de cemento | 36 horas - hombre | Explotación de la cantera. 860 Kg. de CO ₂ por tonelada de clinker. |
| Elemento Estructural: Envoltentes arquitectónicas de Concreto Armado Aparente | Solo es posible si es estudiada con anticipación en proyecto. | 0.1046 kwh de diesel por km/m3 de concreto | 694 kg. de arena 999 kg. de grava | | |
| | | 0.0000221 kwh de diesel por km/m3 de concreto | 75 a 100 kg. de acero de refuerzo 7.8 kg. de madera de contacto | | |
| 18.20 Kwh por m3 | | | | | |

Tabla N°4. Gastos asociados a la construcción de estructuras o envoltentes con un sistema constructivo hecho en el sitio, considerando la contaminación y energía que se consume en el proceso de construcción.

Considerando la Tabla N°4, podemos plantear el siguiente ejemplo: Si el peso volumétrico del concreto es 2400 kg/m³, y queremos calcular la contaminación de un muro con las siguientes dimensiones 6 metros de largo x 3 metros de alto x 0.25 metros de espesor, entonces tenemos que: 4.5 M³ de concreto, es igual a 10.8 toneladas de concreto, y esto es igual a 10.8 toneladas de CO₂, a su vez de un total de energía consumida de 81.9 Kwh.

II.3. El Capital Medio Ambiental.

“Respeto a la biodiversidad y el entorno, reconociendo todos los sistemas naturales o ecosistemas, no sólo el nuestro.”

Los primeros indicios documentados de preocupación por la relación entre los entornos naturales y artificiales en el ámbito de la civilización occidental, aparecen con Vitruvio, en el siglo I A.C. En sus escritos hace recomendaciones sobre temas como el emplazamiento, la orientación y la iluminación natural, viendo a la naturaleza como un recurso para satisfacer las necesidades humanas.⁵¹ Kevin Lynch en los mismos términos opina que “el hombre mismo es parte de la naturaleza, sus ciudades son tan naturales como sus campos”.⁵² Ambos, aunque en distintas épocas, hacen alusión a la estrecha relación del ser humano con la naturaleza, la que se basa, efectivamente, en la utilización de los recursos naturales irregularmente distribuidos en el espacio y que pueden cambiar con las estaciones del año: el hombre los recolecta, los transporta, los almacena, los modifica y utiliza. Surge una organización económicamente activa que utiliza productores, consumidores, favoreciendo el desarrollo de una vida urbana, en la que se crean servicios especiales, públicos y privados, para facilitar el desarrollo de la vida en este ecosistema urbano, este conjunto de elementos naturales y construidos constituyen una ciudad.

El trinomio que se establece entre naturaleza [aspecto medioambiental], Sociedad [aspecto social y humano] y arquitectura [aspecto tecnológico y económico], debe permanecer en un constante equilibrio. Este aspecto tecnológico que nace para dar respuesta a la mayoría de las necesidades de ser humano y su interacción con otros, como puede ser el cobijo, confort, y bienestar, nos debe entregar un resultado que mantenga dicho equilibrio, en el cual cada elemento de la ecuación sea positivo para su desarrollo presente y futuro sin afectar a los demás componentes a lo largo de su vida útil, sino al contrario, conformar un sistema o modelo de cierre de ciclos, considerando al trinomio inicial como la base del diagrama.

⁵¹ RUANO, Miguel. *Ecoturismo Entorno Humanos Sostenibles: 60 proyectos*. Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1999. 7 p.

⁵² LYNCH, Kevin, *Planificación del Sitio*. Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1980. 19 p.

Proyectar de forma sostenible también significa crear espacios saludables, viables económicamente y sensibles a las necesidades sociales. Supone respetar los sistemas naturales y aprender de los procesos ecológicos.⁵³

Debemos aprender de la naturaleza, ya que es en ella donde encontramos equilibrios en sus sistemas naturales. *La naturaleza no sólo recicla: sus sistemas adquieren mayor complejidad y belleza a medida que la escala aumenta. Parece llevar incorporado el motor de la diversidad: rechaza la repetición, la clonación y la búsqueda absurda de la duplicación perfecta. En este sentido, la ecología natural ofrece un modelo acertado para los proyectistas.⁵⁴*

Respecto a la idea anterior, una contribución importante ha hecho la globalización, generando en la arquitectura una escasa identificación con el lugar, ya que se traen innovaciones tecnológicas y nuevos modelos arquitectónicos asumidos como parámetros o estándares a imitar de diversas parte del globo terráqueo, masificando estas tendencias y construyendo edificaciones sin conocimiento ni adaptación al lugar, causando a la vez una explotación descontrolada de recursos, sin límites en sus extracciones, y una excesiva emisión de contaminantes al planeta, lo que repercutirá y afectará a las generaciones futuras, *aprender que nos encontramos ante ecosistemas arquitectónicos con posibilidades de establecer sus propia cadena de reciclaje y de residuos. Esta es una lección que podemos aprender de la naturaleza.⁵⁵*

Por otro lado la población humana ha rebasado con sus demandas, sus propios suministros de energías. Además los desechos de toda índole provocados por el hombre han alcanzado niveles que están modificando el sistema mundial. La resolución de los problemas ambientales ha adquirido súbitamente un carácter vital para el ser humano actual. Debido al crecimiento de la población, como mencioné anteriormente, y a la modificación de nuestros hábitos, las condiciones de vida para todas las plantas y los animales, incluidos nosotros mismos, se han alterado y alterarán drásticamente en un tiempo no muy lejano.

Debemos de hacer frente al fenómeno de que la mayoría de los habitantes del planeta vivimos en un ecosistema urbano. Según el informe del centro de investigación estadounidense Worldwatch Institute, publicado bajo el título de Estado del Mundo 2007: Nuestro futuro urbano,⁵⁶ en el año 2008 cerca de 3.500 millones de personas, vale decir el 50% de la población

⁵³ EDWARDS, Brian. *Guía básica de la Sostenibilidad*. 2^{da} Ed. Edit. Gustavo Gili, Barcelona. 2008, 3 p.

⁵⁴ Ibid. 12 p

⁵⁵ Ibid. 14 p

⁵⁶ THE WORLDWATCH INSTITUTE. "La situación del mundo 2007: Nuestro futuro Urbano." State of the planet. Barcelona. Edit. Icaria. (2007) 51 p.

del mundo, vive en ciudades, fenómeno que seguirá incrementándose, siendo la primera vez en la historia que viven más seres humanos en las ciudades que en zonas rurales, transformándose en un verdadero hito dentro de los acontecimientos de nuestra civilización, por lo tanto debemos de conocer estrategias para el mantenimiento y reutilización de las estructuras de concreto armado que conforman nuestro ecosistema urbano, en beneficio del ser humano y en protección frente al deterioro de nuestras ciudades y entornos. En la actualidad pasamos la mayor parte de nuestra vida encerrados y sumergidos en el incesante “ritmo urbano”, al cual responden todos los polos de desarrollo de una sociedad. Para satisfacer las necesidades básicas de la población, cada sociedad responde con un “desarrollo sostenido” referido principalmente al crecimiento continuo y constante de los parámetros de la economía, la salud, la educación, justicia, relaciones interiores y exteriores, etc., en el cual precisamente los recursos con que se llevan adelante las estrategias de este desarrollo se agotan y por lo tanto, ni los recursos ni las estrategias que se utilizan en el planeta son “sostenibles”.⁵⁷

Bajo esta concepción la arquitectura tiene un rol esencial ya que mediante ella se responde espacialmente, ya sea con equipamientos o infraestructura, a todos los polos de desarrollo antes mencionados, y es alrededor de la gran variedad de construcciones donde gira la vida del ser humano en el planeta Tierra, por lo tanto es tiempo de mirar hacia el futuro y hoy plantear una arquitectura consiente de la problemática actual y que de respuestas certeras a esta. El concreto armado es el material con el cual la gran mayoría de las edificaciones de los países del mundo están constituidas, por lo que su conocimiento y tecnología es fundamental, ya sea en el ámbito profesional, académico y financiero, y sobre todo en las personas relacionadas con alguna etapa del proceso constructivo de una obra arquitectónica. Cuando esta estructura de concreto se ve afectada, esta ya no es eficiente ni funcional, por lo tanto no cumplirá con su vida de servicio estimada, ocasionando costos y pérdidas a nivel económico, humano y social, y medioambiental.

*... El futuro está aquí, pero su impacto sobre la arquitectura sólo está empezando. En la medida en que nuestros edificios vuelvan a aceptar los ciclos de la naturaleza, la arquitectura volverá a sus auténticas raíces.*⁵⁸

Uno de los propósitos de la presente investigación es analizar acontecimientos que puedan ser o no ser esperados, anticipándonos a posibles defectos, buscando soluciones en

⁵⁷ SERRANO RODRÍGUEZ, Pedro. Desarrollo sostenido y sustentable. Definiciones para el proyecto ROMBO MECESUP. Universidad Santa María, Valparaíso, Chile. 2007.

⁵⁸ ROGERS, Richard, GUMUCHDJIAN, Philip. Ciudades para un pequeño planeta. Gustavo Gili. edit. 4ª ed. Barcelona, España. 2006.

cuanto al mantenimiento y *rehabilitación*⁵⁹ de estructuras de concreto armado que presenten defectos superficiales, a través de un mantenimiento, prevención y rehabilitación de dichos defectos en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, prolongaremos la vida útil de estas, planificaremos una reparación eficiente y económica, además de una reutilización óptima si fuese necesario, contribuyendo a minimizar el deterioro de las ciudades, provocando un cambio de mentalidad en el diseñador, constructor y todo profesionista relacionado con el proceso arquitectónico a la hora de enfrentar una obra ya sea nueva, una restauración o incluso una reutilización de la arquitectura.

Con esta investigación concerniente al estudio de la patología superficial en la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente, creo que es significativo inducir un cambio en la forma de enfrentar un proyecto de arquitectura, relacionado con minimizar los defectos, fallos y errores en ella, además de promover la recuperación y prolongación de los elementos que presenten dichos defectos, considerando los impactos y desechos pertenecientes a la construcción, para que al menos una fracción de ellos pueda volver a ser parte de nuestros ciclos, así como ocurre en la naturaleza donde todo funciona de forma cíclica.

II.3.1. Valor como Patrimonio Edificado de las Estructuras de Concreto Armado.

Cuando se destruyen aquellas expresiones arquitectónicas edificadas no-monumentales, se pierde el valor de permitir el conocimiento sobre el pasado de las ciudades. Es preciso recordar que la ciudad históricamente se ha construido sobre sí misma, evolucionando en la medida que incorpora nuevos materiales y sistemas constructivos, así como actividades económicas, incluso cambios en la dinámica demográfica y cultural de sus habitantes. Todo esto permite afirmar que lo que hoy caracteriza a los núcleos urbanos de las ciudades en México y en casi toda Latinoamérica, es resultado de un proceso de transformación continuo y en ocasiones casual. Es necesario destacar el interés que cada día es mayor por la conservación del patrimonio edificado, la necesidad de aprovechar el valor de las inversiones disponibles del tejido urbano. Donde existe una zona en “transición”, que aún hoy en día, no termina por definir su vocación localizándose en un intermedio, es por esto, que pierden el valor arquitectónico que deberían tener como “patrimonio edificado”, y sería óptimo atribuirles dicha categoría. Es muy importante definir el papel que juega la arquitectura dentro del marco de la planificación dado que la conjugación de ambas, es a fin de cuentas la interpretación de las

⁵⁹ Rehabilitación, es la readquisición por lo elementos de la obra dañados, de la capacidad que dichos elementos tenían antes de producirse el daño, para cumplir su función. Fuente: CALAVERA RUIZ, José. *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. INTEMAC Edit. España. 2005.

necesidades humanas de una población en especial. La idea de patrimonio se ha alterado significativamente a partir de la segunda mitad del Siglo XX, dejó de limitarse a los edificios notables social, histórica o estilísticamente y pasó a abarcar otras arquitecturas, como por ejemplo, la arquitectura industrial. Bajo el marco anterior, puede identificarse un cambio en el paradigma de la conservación, por lo menos en dos vertientes:

- Temporal, en términos de considerar la relevancia de la arquitectura como testimonio cultural, situación que permite la revaloración de edificaciones no-monumentales de carácter “contextual”, de diversas temporalidades, incluso la arquitectura del siglo XX, aún y cuando no correspondan a la rígida estructura temporal de la legislación.
- Espacial, al transitar del “monumento” como espacialidad patrimonial a una “zona”, a partir de la cual se hace necesaria una reinterpretación de la relación arquitectura-ciudad. Así lo evidencia el caso de las declaratorias de inmuebles históricos, que sustentan la delimitación de un perímetro denominado “zona de monumentos” y dentro del cual se busca aplicar una normatividad específica.



Fig. N°29. Imagen de estructura industrial papelera, para ser reconvertida, con otro uso pero guardando la calidad con la que fue creada.

II.3.2. Restauración Técnica de las Estructuras de Concreto Armado.

Comúnmente se entiende como restauración a cualquier intervención dirigida a devolver la eficiencia a un producto de la actividad humana. En el caso de productos industriales, esta restauración tiene por objetivo restablecer la funcionalidad del producto (reparación o restitución). En el caso de de obras de arte, incluyendo la arquitectura y artes plásticas, se espera el *restablecimiento de la funcionalidad como un aspecto secundario*.⁶⁰

⁶⁰ BRANDI, Césare. Teoría de la Restauración. 5ª Ed.. Madrid, Edif. Alianza, 1996.

Ante la definición anterior la cual evidencia la falta de un marco teórico-conceptual sólido que permitiera enfrentar el reto de la conservación de las características urbano-arquitectónicas de una nueva realidad urbana, frente al patrimonio edificado de concreto armado del Siglo XX, y dar respuestas a una **restauración técnica** en la cual se persigue el minimizar el impacto asociado a la arquitectura, conservando la historia edificada reciente y promoviendo la conservación, rehabilitación y preservación de los inmuebles. Sin duda alguna que el interés por la conservación del patrimonio edificado del siglo XX, ha ganado terreno en la revaloración de un pasado, que por reciente, parece formar, más parte del presente, que del ayer. En virtud de ser escenario de un vertiginoso proceso de transformación a través del cual, los propietarios de las edificaciones que datan de hace cincuenta o sesenta años, encuentran una alternativa para formar parte de la dinámica urbana actual. Es decir, se trata de un pasado como concreción de una continuidad histórica que tiene múltiples tiempos.

Hoy en día, es posible observar la manifestación de la transformación estructural de la ciudad en la modificación de su arquitectura, que inicia con adaptaciones en fachada, cambios en su partido arquitectónico, ampliaciones en segundos niveles, hasta llegar a su demolición para facilitar el aumento de la rentabilidad del suelo. Si bien los principales argumentos para la revaloración de algunas edificaciones de mediados del siglo XX, radica en ser representativa de un estilo arquitectónico, con todos los aspectos estilísticos, constructivos y teóricos que esto implica para cada ciudad, y en los cuales se podrá o no coincidir, es relevante que hoy en día, se suplante esta arquitectura, por edificaciones estándar de empresas transnacionales o franquicias comerciales, cuya característica principal es la homogeneidad y que renuncian a entablar un diálogo con su entorno.

El principal reto referente al patrimonio edificado del siglo XX, que enfrentan las ciudades mexicanas y Latinoamericanas, resulta ser, que su conservación misma se opone a la redefinición en la vocación y función propia de la estructura urbana, de la ciudad en conjunto. La valoración de lo edificado como testimonio cultural, forma parte de la sociedad misma, pero dicha valoración, al menos para el caso del siglo XX, parece estar limitada por la búsqueda de una competitividad en términos urbanos, donde las ventajas de aprovechamiento de la plusvalía del suelo están por encima de aspectos tangibles como lo patrimonial y la historia urbana reciente, proceso que de continuar, a corto o mediano plazo imposibilitará la comprensión de la realidad urbana de muchas de las ciudades. Por esto resulta impostergable conformar un marco de actuación que contextualice la conservación y el mantenimiento de las edificaciones bajo la sostenibilidad urbana, con la finalidad de minimizar las acciones sobre la ciudad.

3 CAPÍTULO

3 CAPÍTULO / CONCRETO ARMADO APARENTE. TÉCNICA ARQUITECTÓNICA.

*Arquitectura...es la cristalización de su estructura interior, el lento desplegar de la forma. Esta es la razón por la cual tecnología y arquitectura están tan estrechamente relacionadas.*⁶¹

La arquitectura tiene como componente esencial a la estructura, su objetivo primordial es crear espacios arquitectónicos mediante ella. Entendiéndose esta última como la disposición y orden de las partes dentro de un todo.

*Para la mente humana, todo aquello que existe posee una estructura; para los sentidos, todo lo perceptible tiene forma. Estructura y forma son productos de la constante comunicación entre el ser y el universo.*⁶²

Una edificación es de acuerdo a lo anterior, el producto de un sistema de relaciones de elementos que son resistentes y permiten indicar la forma y función de cada uno de los componentes que la constituyen, donde las principales exigencias son: que sea segura, funcional, hermética, con una apariencia y condiciones superficiales óptimas. En consecuencia se debe garantizar desde el mismo instante de concebirse la edificación: su estabilidad, durabilidad del sistema estructural y sus acabados.

El arquitecto necesita convertir en forma un bosquejo arquitectónico en su universo mental, para luego conocer la estructura y darle la materialización a través de la utilización de los materiales, ejerciendo un liderazgo en el proceso arquitectónico constructivo, debiendo ser un eficaz planeador y concedor del proceso antes mencionado.

La especialización de cada disciplina involucrada en el ámbito de la construcción ha llevado a disociar la comunicación y el desarrollo de una obra constructiva en equipo, punto que en un futuro inmediato debemos de integrar constantemente en cada proyecto que se nos presente. En el ámbito y diferenciación de los conocimientos tecnológicos necesarios que cada profesión posee, es en donde se incrementan en mayor medida las distancias entre estas, de tal modo que se exagera la formación de especialidades, tanto la propia del arquitecto,

⁶¹ PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, 2006.

⁶² VITIELLO, Kelly, QUEZADA Amelia y MARTINEZ, José Omar. Universidad Iberoamérica. Santo Domingo. Republica Dominicana. Fuente: <http://www.arqhys.com/arquitectura/estructuras-arquitectonicas.html> (consultado agosto 2009).

predominantemente diseñador, y la propia del ingeniero, responsable de la estabilidad y parte estructural. Los temas a desarrollar por la ingeniería y por la arquitectura en sus obras, se complementan y se necesitan, hay veces que casi no se nota la diferencia entre las dos profesiones, por ejemplo, frecuentemente toma importancia la estructura portante de un edificio como elemento arquitectónico dominante, y también, “los arquitectos le dan forma arquitectónica” a las denominadas “obras ingenieriles”.

Por lo tanto, una obra constructiva es creada por un equipo, los arquitectos son responsables de la definición general del mismo, con sus capacidades artísticas, y su capacitación profesional por medio de criterios, medidas y normas. Los otros miembros del equipo (ingenieros) tienen sus responsabilidades: el cálculo y la concreción final de la obra. Así se espera que la creación de la obra de arte como obra constructiva sea un trabajo en equipo, ambas profesiones se complementan con un fin único: el bienestar social a través de espacios que alberguen al ser humano ya sea individual o socialmente, a través del uso equilibrado de los recursos naturales, por medio de técnicas constructivas y todas las condiciones intrínsecas para crear una obra arquitectónica integral.

¿Por qué no todos los involucrados en el proceso constructivo fijamos y elevamos los cánones visuales de nuestras obras de arte arquitectónicas de concreto armado aparente, al mismo tiempo de proteger, prevenir y darles el mantenimiento necesario con la utilización de técnicas ancestrales y con la tecnología del material para el beneficio de la humanidad?

Si no se separa, la economía de desarrollo sostenido de la comprensión del arte arquitectónico en nuestras sociedades durante el proceso de diseño y ejecución de un obra arquitectónica, no se lograrán las condiciones básicas que nos proporciona el material, y tampoco mejoraremos las técnicas utilizadas, ni menos, la aplicación del conocimiento científico y técnico que nos proporciona la tecnología del concreto armado aparente, y el resultado seguirá siendo construir inversiones arquitectónicas a corto plazo, edificando con escasas exigencias en el proceso constructivo, sin saber ver la arquitectura en su totalidad, con la mínima educación visual, hablo específicamente de defectos superficiales que deterioran las obras arquitectónicas en particular las envolventes y por consiguiente a nuestro entorno: la ciudad.

III.1. Tecnología del Concreto Armado Aparente.

El concreto armado es un material compuesto altamente utilizado a nivel mundial, en todos los aspectos de las edificaciones dado que puede adquirir cualquier forma final, debido a que se trabaja con él en forma líquida, moldeándolo para el requerimiento que es solicitado y diseñado. El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes o cimbras que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autosoportante. Esta característica impone ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de éstas es su moldeabilidad, propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de las formas, que al ser correcto su procedimiento y ejecución nos proporciona el resultado esperado de propiedades y características, agregando la posibilidad estética en cuanto a la incorporación hacia la década de los 60's de utilizar las superficies generadas con el material como acabados finales, sean con diferentes texturas, colores y formas, lo que nos abre un abanico de opciones de diseño en nuestras obras arquitectónicas.

La superficie de concreto armado aparente adquiere importancia durante la primera mitad del siglo XX en las obras de notables arquitectos como Le Corbusier, Mies Van der Rohe, Louis I. Kahn, y más tarde Tadao Ando y muchos otros connotados arquitectos los cuales utilizaron el material aparente con gran habilidad. Como fechas importantes a destacar en los acabados de estructuras de concreto armado aparente, tenemos que alrededor de la década de los 60's donde ocurre la aparición del panel contrachapado fenólico que permitió la generación de grandes superficies aparentes y en 1980 se desarrollan los paneles lisos, que permitieron conseguir otros resultados más elaborados. En las superficies de este material aparente se pueden aplicar múltiples soluciones, que van desde el reflejo de las cimbras, trabajar con las superficies posteriormente del descimbrado de forma manual o mecánicamente, otro acabado de las superficies puede ser incorporando pigmentos de colores, texturas y formas. Por lo tanto, el concreto armado aparente es uno de los materiales más versátiles, resistentes, económicos y durables disponibles en el mercado de la construcción.

La construcción del concreto armado aparente exige precaución y cuidados adicionales en la dosificación, el mezclado, el transporte, el cimbrado y descimbrado, el colado, la consolidación y el curado para obtener uniformidad en la textura superficial, el color o la forma especificada en los planos y sus detalles constructivos. Se requiere también de una mayor labor en la mano de obra ya que necesitamos dar una excelente terminación a las superficies de las estructuras de concreto armado aparente.

Es importante considerar varios factores al momento de seleccionar, diseñar y construir una superficie de concreto armado aparente como son: →

- * La selección de los materiales.
- * El componente principal (cemento).
- * El diseño de la mezcla.
- * Las cimbras.
- * El sistema de colocación.
- * Métodos de trabajo.
- * Los Mecanismos de protección.

Organismos como el ACI (American Concrete Institute), generan estudios, informes y prácticas recomendables que se deben de complementar con las normas mexicanas y los reglamentos de construcción, además del criterio que debemos formarnos a través del conocimiento para ser parte efectiva en el campo de la construcción. En su comité 303 establece como concreto aparente o mal llamado, a mi parecer, concreto arquitectónico, término que considero deficiente porque la mayoría de las personas tienden a pensar en lo arquitectónico como solamente la parte estética, por esto creo pertinente hablar de concreto aparente ya que entenderemos de forma más integral el concepto, el que puede cumplir simultáneamente requisitos tanto estéticos como estructurales, además el trabajo del arquitecto nunca va dirigido solamente a la estética, o no debiera serlo jamás, porque los espacios se viven con todos los sentidos, no sólo con la vista, el ser humano habita las obras arquitectónicas, reconociéndolas y recorriéndolas. El ACI define al concreto aparente *como aquel que queda expuesto como superficie interior o exterior dentro de la estructura terminada, contribuye definitivamente a su carácter visual y está diseñado especialmente como tal en los planos y especificaciones del contrato.*⁶³

El primer fin del concreto aparente es obtener la apariencia deseada con el material ya sea en el interior como en el exterior de una estructura terminada, pudiendo el elemento cumplir o no funciones estructurales, en este caso donde analizaremos las envolventes arquitectónicas construidas de concreto armado aparente hechas en obra, el material será simultáneamente estético y estructural. La norma mexicana NMX-C-403-ONNCCE-1999 define al concreto hecho en obra, como el concreto hidráulico para uso estructural, y este será el empleado para formar parte integral de una estructura o edificación, elaborado por medios mecánicos en el sitio de la utilización, generalmente dosificado por volumen, y donde el productor y el usuario del concreto comúnmente son la misma persona física o moral.

⁶³ ESQUEDA HUIDOBRO, Heraclio. *Concreto arquitectónico*. IMCYC Edit. México. 1996. P 10.

III.1.1. Especificaciones

En la actualidad cada proyecto tiene requerimientos y especificaciones particulares, que dependerán del diseño y tipo de obra arquitectónica, de sus cálculos estructurales, de las condiciones del clima y de su entorno, del sistema constructivo a utilizar, además del tiempo y del costo de ejecución de la obra misma, entre otros factores que se deben de analizar para especificar cada componente.

Aunado a lo anterior existen ciertas especificaciones o consideraciones comunes para toda obra arquitectónica de concreto armado, sea esta con o sin el material aparente, que debemos de tener presente para clarificar y disponer eficientemente de sus componentes y elementos constructivos a la hora de edificar con este material, como son: el máximo o mínimo de revenimiento del concreto, tamaño máximo de agregado grueso, absorción del agua de los componentes, peso volumétrico de cada uno de ellos, contenido mínimo de aire incluido para incorporar durabilidad en determinados climas, resistencia a la compresión o flexión mínima a los 28 días del concreto, máxima relación agua/cemento y/o contenido mínimo de cemento, máximo contenido cemento para evitar agrietamientos por exceso de temperatura o por contracción en condiciones de baja humedad, tipos especiales de concretos o agregados, el uso de aditivos, de adiciones, y considerar si el diseño incorpora acabados especiales, ya sean pigmentos o texturas.

III.1.2. La Planeación y el Diseño del Concreto Armado Aparente

La comunicación entre las partes que conforman el trabajo multidisciplinario del proceso constructivo de una estructura de concreto armado aparente es fundamental, para que todos sepan los objetivos y metas esperadas de la obra, con un compromiso de lograr y entender el rol importante que cumple cada especialidad y trabajo que se efectuará para que todo funcione con el fin determinado.

Al mismo tiempo el diseñador debe saber especificar y entregar los detalles necesarios, como también el proveedor del material debe atender a las solicitudes antes especificadas. Las cimbras juegan un papel muy importante en el global de la técnica constructiva del concreto armado aparente, ya que se deben diseñar para soportar adecuadamente las cargas de la colocación y la compactación del concreto sin deformaciones, constituyendo en la mayoría de los casos parte de la conformación del acabado final. Una vez colocada la mezcla, y posteriormente retirada las cimbras de forma correcta, se realiza la primera inspección que a

través de la comunicación eficaz, se observarán y corregirán lo que no se logro cumplir en primera instancia, por problemas que están fuera del alcance de la planeación, pero el corregirlos y el darle mantenimiento son labores que deben estar integradas a la planeación desde un inicio. Los muros o en general los elementos verticales, requieren de una mayor atención por las deformaciones que pudieran provocarse en las cimbras producto de la presión del material sobre ellas. En envolventes arquitectónicas se deben detallar las articulaciones para prevenir el cambio de color de las capas de material, un defecto superficial importante de solucionar.

La planeación es parte fundamental para reducir los posibles errores, defectos y fallos que se pudieran presentar al momento de abordar una obra arquitectónica de concreto armado aparente, existe en más de algunos casos dicha planeación, pero no siempre es comprendida por todo el equipo y menos llevada a cabo de forma eficiente y eficaz. La planeación debe considerar el total de una obra arquitectónica, y asumir que es una secuencia de operaciones determinadas, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior o funcionar en paralelo pero desde un inicio se deben establecer los tiempos y operaciones que se llevarán a cabo.

La planeación forma parte de las cinco funciones básicas de una administración [planeación, organización, integración, ejecución, dirección y control], es común y esencial a toda organización o empresa, siendo la arquitectura una industria que debe tener una administración competente. La planeación está dirigida habitualmente a establecer una dirección general, aumentar utilidades, optimizar la participación de todos los pertenecientes al proceso constructivo de la obra, mejorar la responsabilidad social de ella e identificar y destinar los recursos necesarios y las tareas a realizar.

La planeación es una disciplina prescriptiva que identifica y plantea acciones a través de un proceso sistemático de toma de decisiones para generar los efectos que se esperan de ella, o sea, para proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para lograrlo. La planeación debe fijarse metas, apoyándose en datos objetivos, posibilidades reales y estudios técnicos. Concierno también el señalamiento de políticas, implementación de procedimientos, programación de actividades y previsiones necesarias para lograr instrumentos eficaces y de verdadera utilidad. Involucra decidir cuáles tareas necesitan hacerse, cómo, asignar recursos y vigilar el progreso para asegurar que se realicen.⁶⁴

⁶⁴ VERDUZCO CHIRINO, Gemma. Apuntes de la clase "Principios Básicos de la Administración." Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. (Febrero 2010).

En otras palabras la planeación es proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo. Es un instrumento que usa el hombre sabio. La voluntad de sacrificar las ganancias a corto plazo a cambio de mayores beneficios a largo plazo y la habilidad de controlar lo que es controlable y de no inquietarse por lo que no lo es. Por tanto, la esencia de la sabiduría es la preocupación por el futuro. No es el mismo tipo de interés en el futuro que tienen los videntes, que sólo tratan de predecirlo. El sabio trata de controlarlo.⁶⁵

La planeación utiliza la capacidad de la mente humana para plantear fines y objetivos, involucra la toma de decisiones anticipada en su proceso, prevé las consecuencias futuras de las acciones a tomar, prevé la utilización de los recursos disponibles con el fin de obtener la máxima satisfacción, comprende todo el proceso desde el análisis de las situaciones hasta llegar a la toma de decisiones, incluye metodologías para la recolección de información, programación, diagnóstico, pronóstico, avances y medidas de resultados.

El teórico y administrador francés Henri Fayol en 1916, explicó detalladamente el trabajo del administrador (en nuestro caso pienso que correspondería este rol a los arquitectos), como la persona encargada de llevar a cabo la planeación, ante esto, describo brevemente lo referido a planeación por dicho teórico: *actividades que dan forma a la dirección futura de la organización y sirven para desarrollar las acciones necesarias para realizar las metas seleccionadas.⁶⁶*

III.2. Posibilidades del Concreto Armado Aparente.

Las cualidades plásticas del concreto armado, sus posibilidades potenciales, durabilidad y sus altas resistencias permiten, además de un trabajo estructural, una gran posibilidad de acabado y exposición a la vista del usuario del material, tanto en acabados exteriores o en interiores. El nombre de concreto armado aparente surge de dar un acabado al concreto, contribuyendo a dar un carácter estético a la estructura y al aprovechar las propiedades que este posee, para lograr numerosos tipos de acabados expresivos y duraderos. Sin embargo los resultados deseados para generar un buen acabado en una superficie de concreto armado sólo se pueden obtener con una profunda comprensión de las capacidades del material junto con el buen uso del equipo, además de las técnicas, tecnologías y supervisiones necesarias.

⁶⁵ KURI ABDALA, José Antonio. *Apuntes de Planeación del M. en I.* José Antonio Kuri Abdala. División de Ingenierías Civil y Geomática. Universidad Nacional Autónoma de México. Extraído de <http://dicyg.fi-c.unam.mx:8080/Site/alumnos/profesores/paginas-de-profesores>, (consultada el 18 de febrero 2010).

⁶⁶ HECHT R., Maurice. *Administración Básica Principios y Aplicaciones*. Limusa Edit. 4a Ed. México. 1984.

III.2.1. Tratamientos Exteriores.

Este tipo de superficies trabajadas en concreto armado aparente deben tener un criterio de elección basado en la relación de los elementos, las formas de expresión, la función (portante, decorativa, cerramiento), técnicas disponibles y evaluación de los agentes atmosféricos predominantes (sol, lluvia, viento, contaminación atmosférica) y los medios para proteger y atenuar sus defectos.

III.2.1.1. Envolvertes Arquitectónicas.

Las envolvertes equivalen a la piel de algunos seres vivos, y cumplen importantes funciones, entre las más importantes esta la protección que nos aísla del medio circundante, actuando también como medio de comunicación con el entorno, variando esta en cada especie.

En el caso de los edificios la piel la llamaremos envolverte arquitectónica y corresponderá a cualquier paramento exterior que puede adquirir una función no solo estética sino también estructural y además, garantizar un alto grado de protección e interacción con el entorno o medio circundante. Por ser el elemento que identifica al edificio en su aspecto exterior, debe presentar una apariencia uniforme y estable.

La envolverte arquitectónica ha experimentado transformaciones a lo largo de su historia por su condición de soporte de los distintos estilos durante la historia de la arquitectura y las civilizaciones. Sin embargo, los cambios más profundos han sido consecuencia de las evoluciones en las técnicas constructivas y las tecnologías utilizadas en cada momento. Tradicionalmente, la envolverte arquitectónica ha sido al mismo tiempo la estructura y el cerramiento del edificio. En la arquitectura antigua que constructivamente era muraría, no se valoraba al muro como elemento arquitectónico, sino que este tenía un carácter constructivo más bien pasivo y un soporte resignado a la decoración. Durante la arquitectura gótica se experimenta disolver al muro, valorándose su expresión a través del paso de la luz. Posteriormente la técnica del hierro y del concreto armado desplazan al muro como elemento primordial del sistema constructivo. Luego en la técnica moderna la envolverte arquitectónica queda liberada de su función sustentante y se convierte en un elemento arquitectónico mucho más dúctil y activo en la configuración del espacio, muestra de ello por mencionar a los pioneros en su utilización se encuentran Le Corbusier y Mies Van der Rohe. Por lo tanto el desarrollo histórico de la envolverte arquitectónica ha sido una persecución tecnológica en todas las épocas, es un elemento constructivo siempre presente y necesario.

Con el correr del tiempo las envolventes arquitectónicas al ser elementos exteriores sufren agresiones que alteran su aspecto original, por lo que es necesario tener en cuenta los efectos nocivos del envejecimiento, según el medio ambiente, la ubicación de la obra y la orientación de estas en relación con los vientos dominantes y las lluvias fuertes, y así proponer medidas eficaces que controlen y prevengan los escurrimientos junto con hacer mantenimiento a través de su protección y su limpieza.

III.2.1.2. Pisos

Ofrecen considerables ventajas derivadas de la posibilidad de prescindir del empleo de enchapes o pinturas, ya que el uso de cimbras y pigmentos en la mezcla cubren esta necesidad. Las principales ventajas del uso de pisos de concreto aparente son: la resistencia de la superficie, la terminación final con selladores que protegen los colores y la variedad de diseños. Estos pisos de concreto armado aparente pueden ser colados en obra o prefabricados, encontrándose en el mercado un sin número de tipos de estos últimos, por ejemplo:

| | |
|------------------|---|
| Adoquines | Piezas de forma cúbica o paralelepípedos, utilizados en pavimentos exteriores. |
| Losetas | Elementos de pequeñas dimensiones, utilizadas en revestimientos decorativos. |
| Rejillas | Patrones similares a los adoquines o a las losetas, pero su estructura y moldes son más complejos. |
| Bordillos | Prefabricados que enmarcan los andenes, ejes viales y cambios de nivel. |
| Pisos estampados | Consisten en estampar y colorear con herramientas especiales una superficie de concreto, logrando una apariencia natural, simulando algunos materiales, permitiendo así una amplia variedad de diseños y terminaciones. |

Tabla N°5. Ejemplos de pisos que podemos encontrar en el mercado del concreto armado aparente, que permiten grandes posibilidades de diseño y terminaciones.

III.2.2. Tratamientos Interiores

Las superficies interiores de concreto armado aparente como muros, pisos, cornisas, etc., deben estar basadas en las propiedades o los requerimientos del espacio interior, puesto a que estos elementos son los encargados de otorgar las características al espacio junto con el tratamiento de las superficies y las formas, los que no requerirán tratamientos especiales a diferencia de las elementos ubicados en el exterior.

| | |
|----------|--|
| Cornisas | Cumplen una función estética y decorativa, por lo que se requiere de una mezcla con buenas condiciones de manejabilidad y adhesión para lograr un buen acabado. |
| Muros | Representan el elemento vertical de la edificación, desempeñando funciones en este caso divisorias de espacios, los cuales al ser construidos en concreto cumplen con los requerimientos de impermeabilización, elasticidad, aislamiento y buenas posibilidades de acabados para dotar de distintas características a los diversos espacios. |

Tabla N°6. Dos ejemplos de tratamientos interiores del material que investigamos en el presente documento.

III.2.3. Espacio Público

El concreto es muy empleado en esta materia debido a su alta resistencia a los agentes a los que se encuentra expuesto y al intemperismo. Los pavimentos de concreto son la mejor solución en la construcción de calzadas, zonas de carga y terminales de buses debido a su durabilidad, este material exige menos reparaciones si se construye en óptimas condiciones, evita los deslizamientos y la formación de superficies onduladas, como también las deformaciones en las áreas de giro, resiste el contacto con gasolina o aceite, evitando así el empleo de selladores u otro tipo de protección. Debido a que los pavimentos están expuestos no solamente al tránsito, sino a otros factores que tienden a destruirlos, como la abrasión, cambios bruscos de temperatura, etc., es necesario dar un tratamiento especial al diseño de la mezcla, los cuales obligan a la utilización de agregados de buena calidad y altos contenidos de cemento para dar alta resistencia al material final. Además, se deben tener en cuenta los procedimientos de colocación y construcción de las bases, asegurando un buen curado y acabado superficial, además considerar las nuevas tecnologías, como el concreto permeable para este uso. Algunas de las utilidades son las siguientes en el espacio público:

| | |
|----------------------|--|
| Mobiliario urbano | Por la versatilidad del concreto armado aparente permite desarrollar diversos elementos. |
| Banquetas | Espacios de circulación peatonal realizados en obra, pueden además incluir diversos diseños. |
| Infraestructura vial | Los pavimentos de concreto pueden diseñarse para servir a todo tipo de vía, desde la circulación de alto tránsito hasta la circulación vehicular residencial, entregando seguridad a través del diseño de su textura, rugosidad, luminosidad, solidez. |

Tabla N°7. Utilizaciones del concreto armado aparente en el espacio público, mencionando solamente las que aparecen en una primera mirada a nuestro alrededor.

III.3. Forma, Textura y Color.

III.3.1. Forma

Debido a la necesidad de diversos cambios en la morfología de la arquitectura, comienza la búsqueda de nuevas posibilidades de innovación formal en las edificaciones, surge entonces la utilización del concreto armado aparente que gracias a sus propiedades potenciales es el material idóneo y capaz de resolver un sin número de desafíos arquitectónicos junto con responder estructuralmente a ellos.

El resultado final del diseño planteado en el proceso creativo del arquitecto que considere la utilización formal del concreto armado aparente estará estrechamente ligado a la calidad de los materiales, al diseño mismo, al buen uso de la cimbra y al proceso constructivo, junto con el mantenimiento de las obras arquitectónicas.



Figura N°30. Imágenes de superficies diseñadas con diversas formas arquitectónicas edificadas de concreto aparente.

III.3.2. Textura

El concreto no sólo es un material capaz de soportar cargas, ya que con la utilización de sus superficies aparentes se puede mostrar un tipo de estética y acabado del material. Además podemos introducir texturas para evitar el uso de superficies planas, generando otra apariencia o un aspecto diferente e innovador. Para lograr un buen estampado en el concreto se deben utilizar aditivos con la finalidad de dar a la mezcla propiedades satisfactorias desde el punto de vista arquitectónico y técnico.

III.3.2.1. Tratamientos en las Superficies con Textura

Es importante saber que una superficie rugosa dispersa más la luz, lo que la hace parecer más pálida, en tanto una superficie lisa requerirá de un control más severo para ofrecer uniformidad de color.

Para un acabado manual se recomienda que este se efectúe cuando han pasado de 3 a 5 semanas luego de vaciado el concreto, su espesor debe ser entre 3 a 5 milímetros, más el espesor estructuralmente especificado y el espesor de seguridad del recubrimiento si se requiere del concreto armado. En las esquinas, bordes y juntas se recomienda de 30 a 50 milímetros para terminaciones uniformes.

Tendrán un rol importante en los tratamientos de las superficies con textura los desmoldantes y los selladores, los primeros son productos químicos que permiten el estampado al facilitar la operación de los moldes o cimbras. Son catalizadores del fraguado; evitan el sangrado del concreto y proporcionan tonos y contrastes al estampado. Forman una barrera húmeda entre las herramientas de estampado y el concreto sin fraguar para facilitar el desprendimiento de las herramientas flexibles. Y los selladores son compuestos químicos de alto peso molecular se utilizan para una máxima resistencia a la abrasión húmeda y seca, al agua y a los rayos ultravioleta. El sellador se aplica en la capa superior, sellando y protegiendo las características del estampado, haciendo impermeable el concreto armado y consiguiendo la resistencia de la superficie para el rodamiento y las cargas.

Tipos de acabados:

- Exposición de los agregados finos o gruesos, esto se logra a través del cepillado; el lavado a edad temprana; el retardado de la superficie; el chorro de agua a alta presión; lavado con ácido; sopleteado con arena y mecánicamente. La mayoría de estas se realiza en el concreto semiendurecido, interrumpiendo en algunas ocasiones los procesos de curado. Existiendo dos formas de ser trabajada la superficie [1] retirando el mortero de la superficie y [2] colocando el agregado grueso a dicha superficie. Es necesario utilizar aditivos como el retardador del fraguado, de manera que en la parte exterior la pasta no endurezca y pueda ser removida, en otros casos posteriormente endurecida la pasta se emplean ácidos para remover la capa exterior o con chorros abrasivos o de arena a alta presión.

- Acabados indirectos, estos se efectúan cuando el concreto esta endurecido. Pudiendo aplicarlos como estrías fracturadas, martillando las superficies manualmente y con lavados de abrasivos, generalmente con arena de sílice. Clasificación de los acabados indirectos en: [1] Chorros de arena ligeros: expone los agregados gruesos, dominando el color del estos. [2] Chorros de arena medio: mayor exposición del color y textura de los agregados gruesos. [3] Chorros de arena pesados: Más texturas como resultado final, siendo aproximadamente un 80% del agregado aparente. [4] Tratamiento con herramientas: martillo neumático por ejemplo, exponiendo el agregado, variando el acabado si se quiebran los agregados.
- Acabados directos, dependen directamente de la superficie del encofrado. Distinguiéndose:

| | |
|-----------------------------|---|
| Acabados lisos | Sale perfectamente lisa del molde, no requiere acabado adicional. |
| Cuerdas insertadas | Fijación de cuerdas sobre el molde que posteriormente se sacarán del concreto endurecido. |
| Patrones | Con laminados plásticos que se colocan en la cara de contacto del encofrado, por ejemplo acabados con estrías. |
| Recubrimientos integrales | Integran otros materiales para detalles como azulejos, piedras, etc., incorporándolos también al encofrado para que una vez vaciado el concreto estos se incrusten en la superficie. |
| Acabados pulidos y ásperos. | Acabados con llana o alisado, acabado escobillado, acabado estampado, este ultimo utiliza herramientas para lograr la texturización de la superficie, diseños incrustados o incorporados. |

Tabla N°8. Tipos de acabados directos en las texturas de las superficies de concreto armado aparente.

III.3.3. Color

El color en el concreto abre un abanico de posibilidades en cuanto a otorgar tonalidades y contraste a las edificaciones como una forma expresiva de estas, la que se puede aplicar tanto al concreto aparente de superficie lisa como al concreto en superficies tratadas. Este se puede producir de tres formas principalmente: pintando las superficies después del endurecimiento, incorporando colorantes dentro de la mezcla o seleccionando el color en las arenas, agregados y cementos para obtener colores derivados del color natural de cada uno de ellos. El color del cemento no posee un poder importante de coloración, pero sí el color del cemento cambia,

afectará al resultado del producto, por lo que se deben cuidar los cambios en el color del cemento derivados del uso de distintas marcas comerciales en la misma mezcla, ya que esto es la verdadera causa de los cambios de coloración y no los pigmentos empleados. El tono del concreto se fundamenta en el color de los elementos constituyentes del mismo, de los cuales forma parte el cemento, así como las condiciones de conservación que se apliquen como limpieza, protección y factores ambientales.

La homogeneidad en el color de los concretos depende principalmente de los siguientes factores:

- Uniformidad del color del cemento.
- Constancia de la relación agua-cemento.
- Homogeneidad de las mezclas.
- Dosis de pigmento empleado.
- El color propio de los agregados finos y grueso.

El color normal del cemento es gris verdoso, el que varía de tonalidad según el fabricante. Este color está relacionado con la porosidad que crece al mismo tiempo que el factor en la relación agua-cemento, donde una superficie con porosidad fina será más clara que una superficie compacta. El concreto fresco contiene una gran cantidad de agua libre, la cual se encuentra saturada de óxido de calcio y por lo tanto, el agua del concreto que se evapora deposita sales de calcio. A la tonalidad gris del concreto se agrega el blanco de la cal que se deposita en la superficie del mismo, por lo que la proporción de cal determina diferentes tonalidades que van del blanco al gris oscuro, cuyo efecto se traduce en la influencia que ésta pueda ejercer sobre la relación agua-cemento.

La Influencia de la relación agua-cemento en el color del concreto, se reflejará en la evaporación del agua del concreto que tiene lugar en la superficie del mismo. El depósito de eflorescencias se hace inicialmente en puntos aislados que se multiplican y se unen hasta formar en poco tiempo una fina capa continua. Luego, el desplazamiento de agua hacia la superficie se detiene, ya que se evapora en el interior, dejando a la cal en los poros del mortero, lo que no influye en las tonalidades del concreto.

El óxido de calcio depositado en la superficie se transforma rápidamente en carbonato, bajo el efecto del ácido carbónico del aire y del agua, este carbonato también es blanco pero no soluble al agua. La secreción de cal en la superficie se produce principalmente en el transcurso de la primera semana. Su importancia depende de las siguientes condiciones:

- Una pasta de cemento porosa (con mucha agua), facilita el camino del agua hacia la superficie, por lo cual está más sujeto al depósito de cal.
- La cantidad total de agua, que puede evaporarse a la superficie tiene un papel importante; está condicionada no sólo por la relación agua-cemento y la porosidad, sino también por su volumen.
- La humedad del aire, tiene también influencia sobre la secreción de la cal, ya que si es baja la evaporación a la superficie será más rápida y por consecuencia, en mayor cantidad la cal depositada. En un ambiente húmedo o si el concreto se seca lentamente, el depósito de cal tendrá tendencia a producirse en el interior del concreto y no en la superficie.

Por otro lado existe también el cemento blanco, el que se compone de una selecta gama de materiales que contiene cantidades mínimas de óxido de hierro y manganeso para producir el color, caracterizados por su reflectividad luminosa que mejora la visibilidad, junto con una excelente resistencia, permitiendo distintos efectos aparentes. El cemento blanco es realmente cemento Pórtland, de acuerdo con la norma ASTM C-150. Por lo general, se producen dos tipos de cemento blanco, el I y el III, conforme a esta norma internacional.

El color propio del agregado:

El tipo, tamaño de las partículas y el color de los agregados, son factores que también pueden intervenir en el color del concreto. Hay agregados que pueden influir en el color gris pero no son relevantes debido a que el cemento, también gris, aplaca la tonalidad. Esto se nota más cuando se utiliza cemento blanco, que por su tonalidad está más propenso a tomar la tonalidad del agregado. Para que estos sean más visibles se necesita un tratamiento en la superficie del concreto por lavado o herramientas mecánicas.

Entre los colores que nos proporcionan los agregados naturales están los del mármol (rojo, amarillo, rosa, lila, gris, verde, blanco, azul, negro), los del cuarzo (translúcidos claros, blancos oscuros y los cristalinos matizados), los de las gravas de río (amarillo, ocre, ámbar y arena) y los de las rocas sedimentarias (blancos puros).

El concreto de color (pigmentación):

Los pigmentos son finas partículas de polvos, químicamente inertes, insolubles en su medio dado y que dotan de color al material al cual se añaden debido a su gran capacidad de tinte. Los utilizados para colorear el concreto deben ser insolubles, resistentes tanto a la alcalina pasta de cemento como a la intemperie, estables a la luz y debe quedar firmemente incorporado con los agregados finos cuando el cemento endurezca. Su capacidad para colorear dependerá de la pureza, del porcentaje de sustancia agregada, de la finura y de su granulometría. La forma de impartir un color específico en el concreto puede ser de dos tipos, orgánicos (naturales) o inorgánicos (sintéticos).

En la coloración del concreto no se colorean los agregados, sino la pasta de cemento, que envuelve individualmente los granos de agregados. Cuanto más se "diluye" la pasta de cemento pigmentada mediante agregados, tanto menos intensiva será la tonalidad de color del concreto. Un concreto rico en cemento con la misma magnitud de pigmentación, que habitualmente se calcula porcentualmente sobre el peso del cemento empleado, presenta una tonalidad de color notablemente más intensa, que un concreto con reducido contenido de cemento. No siendo relevante en esta investigación la utilización de pigmentos porque se profundiza en el manejo eficiente de las superficies aparentes de concreto armado.

El concreto blanco:

Es elaborado total o parcialmente en base a cemento Pórtland de color blanco, lo que logra una apariencia singular que cobra cada vez más importancia en el panorama mundial de la arquitectura y la construcción, en una búsqueda abierta de nuevos materiales, posibilidades y acabados. Con este material se puede resaltar el color de los agregados y pigmentos que se utilicen para trabajar la superficie. El arquitecto puede especificar tamaño, clase, color y calidad de los agregados a emplear.

Es recomendable la utilización de agregados claros para evitar la aparición de áreas con sombras o tonos diferentes; sin embargo, si se expondrán los agregados, pueden requerirse colores y clases especiales de agregados. El tipo de arena usada en el concreto blanco afecta enormemente su color, pues las partículas finas de la arena actúan como pigmento en la pasta de cemento de tal forma que cuando se desee la máxima blancura deberá utilizarse arena blanca o amarillo claro.

III.4. Técnicas en el Proceso Constructivo del Concreto Armado Aparente.

Cuando se sistematiza el cálculo estructural y las aportaciones de la técnica sobre bases científicas a comienzos del siglo XIX, es cuando para la arquitectura se revolucionan los métodos tradicionales y cambia la forma de entenderla y enfrentarla.

En el proceso de diseño que finaliza en la obra arquitectónica realizada, intervienen técnicas muy diversas, técnicas que comienzan con el diseño mismo, la ejecución, los procedimientos en la utilización de los materiales, y un sin número de ellas, entonces podemos decir que para la realización de cualquier obra arquitectónica se han unidos múltiples oficios y técnicas, pero es a partir de la revolución industrial cuando la complejidad de conocimientos hace cada vez más difícil de abarcar dichas técnicas por una sola persona. Simplificando exageradamente el cambio de la arquitectura, ocurre cuando la técnica y la tecnología (ciencia e industrialización) se unen, *para aumentar el área potencial de cruce, de la ciencia y las realizaciones de la técnica.*⁶⁷

*La definición de técnica es en general como un conjunto de procedimientos para el aprovechamiento científico de los elementos de la naturaleza. La técnica es el medio que despierta la forma en la materia. Es el instrumento de la dominación, y aunque la materialización de la arquitectura es el final del proceso que da forma a la idea, su intervención, forma parte del proyecto.*⁶⁸

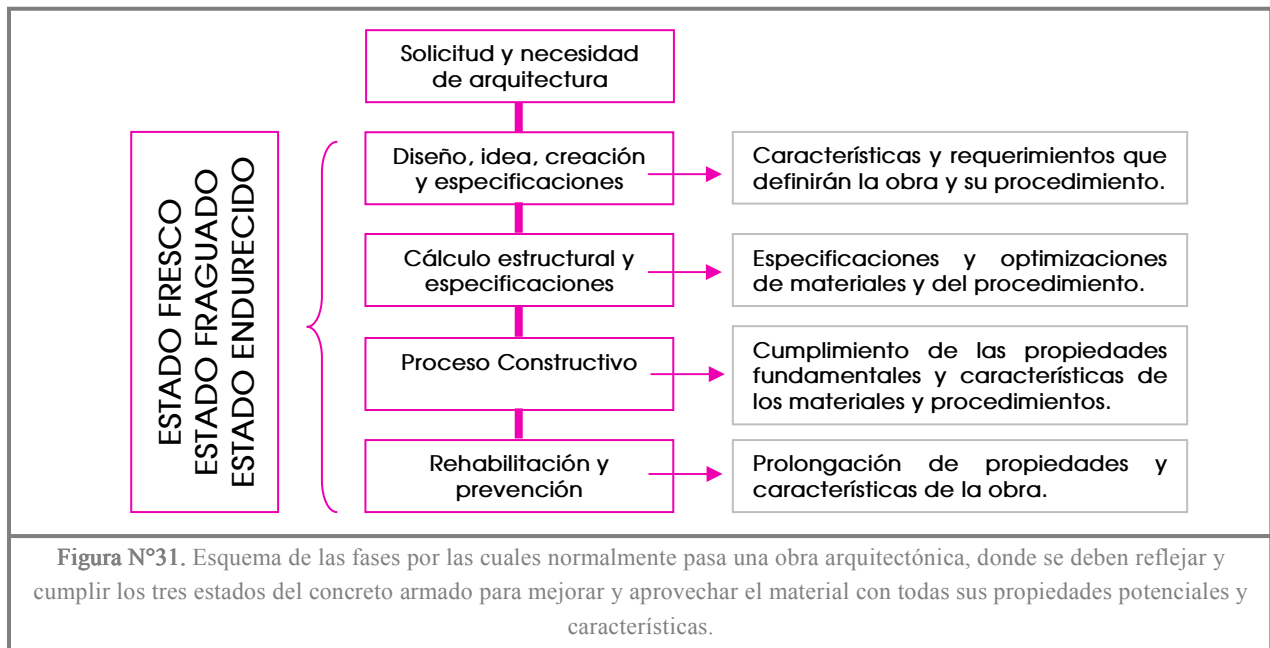
Frente a lo mencionado anteriormente, en cuanto a la complejidad que tiene la vinculación de la técnica con la tecnología para la arquitectura, es cuando pienso que es conveniente enfrentar una obra arquitectónica de concreto armado aparente, como la necesidad mutua, el entendimiento y el trabajo en equilibrio de ambas **[técnica y tecnología]** para el logro de nuestros objetivos arquitectónicos.

El técnico en su amplio espectro de variaciones (diseño, ejecución, y el sin número de técnicas), han de ser muy estrictos en mantenerse dentro de las reglas y conocer a fondo todas las propiedades potenciales del concreto armado aparente, por esto, creo pertinente simplificar el proceso constructivo para que cada técnica involucrada persiga ese fin último, construir con un alto nivel de exigencias, enfocándonos a los tres estados por los cuales pasa el material, para planificar y lograr eficaz y eficientemente el trabajo que involucra cada uno de ellos.

⁶⁷ MUNFORD, L. Técnica y civilización. Madrid. Edit. Alianza. 4^ª Ed., 1982, p 239.

⁶⁸ Ibid.

Cada estructura de concreto armado presenta en general los tres estados en su proceso de endurecimiento y obtención de la resistencia a lo largo del tiempo y variando con ella sus características, conteniendo cada uno de estos tres estados un número significativo de sub-etapas que debemos de considerar para lograr el objetivo final. Como conocimos en la Figura N°22, en donde se aprecian claramente los tres estados del material, creo pertinente establecer esta separación para que nuestras acciones y razonamientos se dirijan primero que nada al material por sobre cada actividad independiente, esta debe ser la misión y visión de la obra, el cumplimiento de todas las sub-etapas en pos del objetivo general de todo el proceso: la obra arquitectónica de concreto armado aparente, mediante el cumplimiento de los tres estados del material especificados, optimizados y detallados en la parte arquitectónica [diseño, idea, creación y especificaciones de la obra y de sus procesos constructivos] y estructural [cálculos, optimizaciones y especificaciones de la obra y sus procesos constructivos].



Uno de los objetivos principales dentro de todo el proceso constructivo radica en obtener una mezcla de concreto que sea la perfecta combinación entre lo práctico y lo económico de sus elementos constituyentes, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de diseño y de uso, para lograr tales objetivos, la mezcla bien proporcionada deberá poseer las siguientes propiedades:

- 1) En el concreto en Estado Fresco, una aceptable trabajabilidad.
- 2) En el concreto en Estado Fraguado, manejabilidad, estabilidad y volumen.
- 3) En el concreto en Estado Endurecido, durabilidad, resistencia y apariencia.

III.4.1. Primera Etapa: Concreto en Estado Fresco.

El concreto en Estado Fresco corresponderá al concreto recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable en el cual no se ha producido el fraguado ni el endurecimiento y además adopta sin inconveniente la forma de las cimbras para su disposición arquitectónica y estructural.

Es un concreto en edades tempranas considerando un tiempo aproximado de dos días después de haber sido producido. La trabajabilidad, el tiempo de fraguado y la madurez son algunas de las características del concreto fresco que afectan actividades como el mezclado, transporte, colocación, compactación, el acabado y el retiro de la cimbra, y su importancia radica en que estas operaciones adecuadamente controladas nos permitirán obtener un elemento acabado de concreto estructuralmente adecuado para cumplir con el propósito para el que ha sido diseñado.⁶⁹

El propósito que se quiere impulsar es ampliar y reconocer esta primera etapa de Estado Fresco por el cual pasa el material antes descrito, con el objetivo fundamental de vincular la técnica y la tecnología en la arquitectura, para mejorar la comunicación y el logro de los objetivos dentro de una obra arquitectónica de concreto armado aparente.

Considerando en esta primera etapa desde la concepción de la obra hasta la preparación de las cimbras y además, que la mezcla esté en condiciones de ser colocada en ellas, pasando un tiempo de dos horas y media aproximadamente en las cuales aún podemos hacer modificaciones muy leves, más que nada, solucionar los posibles accidentes o sucesos no calculado y/o fortuitos que pudieran ocurrir en esta etapa.

El primer paso que debemos de tener presente en el conjunto de procedimientos de esta primera etapa, es la idea que dará forma a través de la materialización a la arquitectura: **el diseño y creación de la obra arquitectónica**. Ya que es aquí donde los arquitectos debemos de coordinar, establecer y prevenir las condiciones y pasos que determinarán los consecutivos trabajos, donde también debemos saber y reconocer las propiedades potenciales del material y sus características fundamentales, para encausarlas y aprovechar nuestros recursos incorporando el capital social y humano, económico y medioambiental, sin cometer errores que habitualmente están presentes en nuestras estructuras de concreto armado aparente.

⁶⁹ RÍOS ESPINOSA, Javier Arturo. *Concreto: Tecnología de una Piedra Artificial*. Tesis de Maestría de la Universidad Nacional Autónoma de México. Campo de Conocimiento Tecnología, México, D.F., 2005.

De la dosificación de los materiales constituyentes y el amasado de estos se obtiene la mezcla en Estado Fresco, los parámetros que definen sus propiedades y características serán la selección, composición, dosificación y el amasado, así como su densidad y contenido de aire. Debemos recordar un tema mencionado en el capítulo I [I.4.3.], cuando nos referimos al tema de trabajabilidad y cohesividad, es aquí donde nuevamente es necesario recordarla ya que será un punto importante en este Estado Fresco porque permiten el mayor o menor trabajo para la fabricación, el transporte y la colocación. Están influenciadas principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre agregados gruesos y agregados finos, produciendo en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Asimismo formando parte de esta primera etapa y un punto primordial del resultado final en la textura que se quiera lograr en el concreto aparente, tenemos las cimbras que en este caso juegan un papel muy importante, ya que dependerá de la correcta elección de ellas que se cumpla 100% con el diseño arquitectónico y el diseño estructural [este por soportar las cargas o condiciones de servicio antes que fragüe y endurezca el concreto].

El concreto armado aparente requiere de cimbras más herméticas y mejor fabricadas que las de uso común para el concreto normal. Especial interés debe ser el acabado de las esquinas o juntas entre paneles tanto horizontales como verticales. El material para confeccionar dichos elementos dependerá de su sistema constructivo, mayor o menor absorción, fabricación o vaciado del concreto y si se reutilizarán estas posteriormente. Mientras más agua absorbe la cimbra más oscuro será el color final del concreto.

Características a considerar en las cimbras:

| | |
|---------------------|---|
| Modulación y diseño | Desde lograr una óptima reutilización de ellas por beneficio económico y actualmente social y medio ambiental, además de optimizar el tiempo y ejecución de dichos moldes con planos arquitectónicos de modulación con detalles de juntas o uniones y especificaciones para lograr el acabado final esperado. |
| Diseño estructural | Para resistir el peso propio, peso y empuje del concreto, carga del personal que ejecuta la obra, equipos o maquinaria necesaria y cargas del viento. |
| Tipos de cimbras | Eligiéndose cada uno de ellos por su economía, seguridad, textura, color y posibilidad de dar la forma deseada tenemos, existiendo de madera, metal, cimbras de concreto y yeso, cimbras de plástico, espuma preformada, fibra de vidrio, entre otros materiales. |

Tabla N°9. Características principales que se deben considerar en las cimbras que contendrán al concreto armado aparente.

Especial cuidado debemos tener al momento de sujetar las cimbras ya que los agujeros de los tensores serán parte de la apariencia final deseada en el concreto armado aparente, especificándose su forma, tipo y sección, para evitar cambios de color o manchas por contacto con el acero se recomienda la utilización de alambres galvanizados. *La experiencia, ha demostrado que es prácticamente imposible resanar defectos dejados por un encofrado después de su retiro, sin dejar una huella notoria en el concreto. Por este motivo es tan importante el cuidado de este.*⁷⁰

Si no se lleva a cabo de forma eficiente la colocación de las cimbras podrían ocurrir defectos superficiales como fisuras amplias y poco profundas (< 30 milímetros), que se puede cerrar revibrando la superficie.

El transporte o traslado de la mezcla desde la planta al sitio de vaciado es fundamental de coordinar y planificar, ya que se deben considerar las distancias, condiciones del trayecto, el clima, las facilidades de acceso para la colocación de la mezcla. También se debe de coordinar el cómo va a llegar el concreto al interior del espacio confinado por las cimbras, si esta será por medios directos, bombeo, lanzado o deslizado para no promover los defectos superficiales que podrían derivar de este paso, ya que al dejar una distancia considerable de caída libre de la mezcla provocamos casi de forma ineludible una segregación, y por consiguiente una exposición del agregado grueso o transparencia de este.

Es importante conocer que entre la 1^{ra} y 6^{ta} hora, desde la colocación, frecuentemente en elementos superficiales, especialmente cuando el agua se evapora muy rápido y el agua del interior queda frenada por los poros del concreto, se produce una retracción plástica, que genera un agrietamiento de la superficie. Esto se da con mayor frecuencia en climas secos y también tiene relación la temperatura del concreto para reducir los daños ocasionados por la retracción plástica resultan con las mismas medidas que para mitigar la el asiento plástico, fenómeno que ocurre en su etapa plástica desde el amasado al endurecimiento, que abarca aprox. 8 horas.

Para el control de calidad del concreto en Estado Fresco y la toma de muestras están normados por las 16 normas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. y las internacionales como ASTM C-172.

⁷⁰ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO - Asocreto. Bogotá, Colombia. Concreto Arquitectónico. 3^o, Ed. Bogotá. Edit. Asocreto. 2007.

III.4.2. Segunda Etapa: Concreto en Estado Fraguado.

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química que determinará el progresivo endurecimiento de la mezcla. Dentro de este proceso de endurecimiento se presenta un momento en que la mezcla pierde su plasticidad, siendo este momento el que conocemos como Fraguado inicial, a medida que se produce el endurecimiento normal de ella, se presenta un nuevo período en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy considerable este período se denomina Fraguado final.

La determinación de estos dos períodos, cuyo lapso comprendido entre ambos se llama tiempo de fraguado de la mezcla, donde esta pasa de ser fluida a ser sólida puede ser muy variado, porque depende de múltiples factores como por ejemplo: el medio circundante de la estructura o factores ambientales, la calidad, dosificación, y mezclado de los componentes, entre otros factores. El tiempo de fraguado inicial es el mismo para la mayoría de los tipos de cemento, pudiendo estimarlo en un valor de 45 a 60 minutos aproximadamente y el tiempo de fraguado final se estima entre 10 a 12 horas aproximadamente. Para tal efecto el fraguado inicial será cuando el concreto adquiere una resistencia de 35 Kg/cm², y el fraguado final, cuando el concreto alcanza la resistencia de 250 kg/cm².

Es necesario colocar la mezcla en las cimbras antes de que inicie el fraguado y de preferencia dentro de los primeros 30 minutos de fabricada y mezclada. Cuando se presentan problemas especiales que demandan un tiempo adicional para el transporte del concreto de la fábrica a la obra, se recurre al uso de aditivos denominados “retardantes” del fraguado, compuestos de yeso o de anhídrido sulfúrico; de igual manera, puede acelerarse el fraguado con la adición de sustancias alcalinas o sales como el cloruro de calcio.

En esta segunda etapa el concreto permanece aún fresco y en estado plástico, debiendo atender especialmente a sus condiciones al igual que en la etapa anterior de trabajabilidad, consistencia y fluidez; especial control requiere su homogeneidad y estabilidad en esta etapa, ya que debido a un transporte y puesta en obra inadecuados puede dar lugar a los siguientes fenómenos:

- Exudación o expulsión de la lechada, esta sube a la parte superior del concreto o se pierde entre las juntas, y esta ocasionada por una mala dosificación o a un amasado corto que depende de la etapa anterior, pero también a una colocación deficiente por un mal vibrado. Esta pérdida de lechada provoca un empobrecimiento del concreto. Se produce en las primeras 3 horas, dependiendo del ambiente, como veremos en el capítulo IV.

- Sedimentación o decantación, se produce una ordenación de los agregados por el tamaño de sus granos. Se produce en masas muy líquidas o cuya granulometría es inadecuada [primera etapa]; es también un fenómeno frecuente en procesos de transporte en recipientes con mucho fondo o en vertidos por caída libre desde alturas superiores a 1.5 metros.
- Segregación, se produce una separación de los agregados gruesos de los agregados finos dando lugar a la formación de nidos de grava; es frecuente en concretos con granulometrías discontinuas y un tamaño máximo de grano elevado, así como consecuencia de una mala puesta en obra. Una variedad de este fenómeno produce el defecto superficial que denominaremos exposición del agregado grueso, definidos en el siguiente capítulo.

Durante el fraguado del concreto pueden producirse ligeras variaciones locales del factor agua-cemento originadas por:

- Si la vibración es muy prolongada se puede producir una elevación del agua a la superficie del concreto, la cual provoca zonas claras u oscuras a lo largo de las juntas.
- La segregación de la pasta de cemento en ciertas zonas, especialmente en las caras inferiores de las juntas de las cimbras y armados, le da a la superficie una imagen porosa.
- La absorción del agua del concreto por la cimbras (de madera), produce una tonalidad más oscura en el concreto endurecido.
- El oscurecimiento ocasionado por el escape de agua en las juntas de los encofrados, da al concreto una gran compatibilidad y, por lo tanto, una tonalidad oscura en la zona de fuga.

III.4.3. Tercera Etapa: Concreto en Estado Endurecido.

El endurecimiento del concreto depende a su vez del endurecimiento de la lechada o pasta formada por el cemento y el agua, entre los que se desarrolla una reacción química que produce la formación de un coloide “gel”, a medida que se hidratan los componentes del cemento. La reacción de endurecimiento es muy lenta, lo cual permite la evaporación de parte del agua necesaria para la hidratación del cemento, que se traduce en una notable disminución de la resistencia final. Es por ello que debe mantenerse húmedo el concreto recién colado, “curándolo”. También se logra evitar la evaporación del agua necesaria para la hidratación del cemento, cubriendo el concreto recién descimbrado con una película impermeable de productos especiales que se encuentran en el mercado. El concreto en Estado Endurecido, ocurre cuando se produce un aumento paulatino de la resistencia del concreto. Durante este endurecimiento se originará el proceso de hidratación que junto con los cuidados a los que se someta este durante el periodo de tiempo necesario es cuando se determinarán sus características. En este proceso el concreto sufre una retracción debida a la presencia de cemento en su composición, que se puede ver reducida por una adecuada granulometría y una alta proporción de los agregados.

Esta retracción puede ser de tres tipos:

- **Retracción hidráulica**, en esta retracción se distinguen a su vez tres componentes, una retracción plástica ocasionada por el asentamiento de los agregados ante la pérdida de agua o por una pasta muy aguada y dependiente de la gravedad; una retracción química producida por la hidratación del cemento y por las fuerzas de cohesión y adhesión, este fenómeno se puede ver compensado por una adecuada granulometría; y una retracción de secado debida a la pérdida de agua libre una vez endurecido el concreto, esta retracción presentará menos importancia cuanto más tarde se produzca, si la superficie está sometida a un secado rápido durante las primeras horas se producirá una figuración en mapa.
- **Retracción térmica**, esta ocasionada por el calentamiento del concreto y un posterior enfriamiento consecuencia del calor que se desprende durante la hidratación; una refrigeración del concreto en sus primeras edades evitaría el endurecimiento con un volumen dilatado.
- **Retracción por carbonatación**, está producida por una recristalización de los cristales de CH en CC’.

El proceso de curado al que se somete al concreto es esencial como medio de prevención de una desecación acelerada o prematura que produciría fisuras y retracciones además de dificultar el proceso de hidratación. Este conjunto de cuidados debe ir acorde con el proceso de endurecimiento, de tal forma que permita un control de las tensiones de retracción manteniendo las mismas por debajo de las retracciones de tracción, el aumento de la humedad reduce las retracciones. Este proceso es decisivo en la durabilidad y resistencia que presentara finalmente el concreto. La climatología, en especial la temperatura y el viento, tienen gran influencia en el proceso. Tras esta fase se obtiene el concreto endurecido o maduro.

El concreto maduro presenta ya sus características definitivas, consecuencia de las fases descritas anteriormente y estas son importantes de mencionar:

- Alcalinidad, proporcionada por su contenido en hidróxido cálcico, esta característica proporciona la pasividad de las armaduras frente a la corrosión, esta propiedad se ve reducida por la paulatina carbonatación del concreto, que avanza hacia al interior de él, la cual se produce por contacto con el aire y agua.
- Densidad, hermeticidad y porosidad, características determinadas por la dosificación y el tipo de agregados, influyendo también el cemento y los aditivos empleados. Esta porosidad puede dar lugar a la circulación de agua por la red de poros del concreto, dando lugar a la aparición de eflorescencias tras su evaporación.
- Resistencia esta característica mecánica viene determinada por la dosificación del concreto, el tipo de cemento empleado, así como su grado de hidratación, su maduración y su envejecimiento.
- Durabilidad, característica influida por el tipo de cemento y de los agregados empleados, la dosificación del mismo, la compactación, y la correcta ejecución de las etapas por las que pasa el concreto. La durabilidad se ve especialmente afectada por la carbonatación, la agresividad de cloruros y sulfatos, la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento y la estabilidad de volumen, la cual ante la presencia de agentes contaminantes internos y externos puede verse afectada. El curado del hormigón ya lo tenía en cuenta esta primera Instrucción, al decir que: “el curado manteniendo las superficies húmedas, deberá durar hasta que el hormigón alcance la resistencia prevista o por lo menos durante 15 días, pudiendo reducirse a 7 días con tiempo húmedo”.

4-CAPÍTULO

4 CAPÍTULO /

Patología Superficial. Enfermedad Tecnológica.

“...Un hombre sabio es aquel que aprende de los tropiezos cometidos por los demás...”⁷¹

Las lesiones, defectos y fallos que se cometen en el campo de la construcción en las estructuras de concreto armado aparente, la mayoría de las veces de deben a falta de experiencia, conocimiento y control de calidad, debido a esto es necesario adquirir dicho conocimiento y experiencia a través de la divulgación de los defectos y fallos cometidos, sean por agentes internos, externos, desconocimiento o falta de compromiso ante la repuesta a un requerimiento arquitectónico. Si se recopilarán, analizarán y divulgarán los conocimientos y se utilizarán bases teóricas que muestren los defectos superficiales cometidos en las edificaciones tanto como nuestros aciertos, podríamos fundar legados, ya que sabemos que se repetirá lo bueno y se evitará lo malo, así crece el conocimiento, ya que lo incorrecto la mayoría de las veces se esconde. El antecedente antes expuesto genera inquietudes por saber cómo enfrentaremos y cuál será el comportamiento futuro de nuestras obras arquitectónicas, me refiero principalmente a estructuras del siglo XX en adelante y construidas de concreto armado aparente, frente a la presencia de alguna anomalía, indicación de un posible defecto y/o fallo.

Actualmente debemos de preocuparnos ante todo del control de calidad en todas las fases de una obra arquitectónica, de su durabilidad y posterior mantenimiento, además es parte de nuestra tarea como profesionistas de la construcción reducir el impacto ambiental asociado a las obras arquitectónicas, principalmente aprovechando el patrimonio edificado y prolongando su vida útil, sobre todo hoy donde la competencia es enorme en el campo de la arquitectura y la construcción y es una oportunidad dar mejores resultados frente a un proyecto. Recordemos que aunque estemos en una época de muchos adelantos tecnológicos y preparación, aún queda mucho por conocer y resolver en cuanto al tema concerniente a la patología en arquitectura y construcción.

Como patología en arquitectura y construcción entenderemos al tratamiento sistemático de los defectos y fallos de las estructuras, sus causas, sus consecuencias, y sus remedios, considerando las estructuras como un todo integrado de partes, y en las cuales se pueden producir o presentar problemas de seguridad, funcionalidad, hermeticidad, durabilidad y apariencia, alterando por consiguiente su estructura interna y su comportamiento.

⁷¹ FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ª, Ed. Madrid. Colección Escuelas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1994.

Es significativo saber que la palabra patología proviene del griego, estudio (λογία, logía) del sufrimiento o daño (πάθος, maní;o, pathos), es común reconocerla en el campo de la medicina más que en algún otro campo, y en este es la parte encargada del estudio de las enfermedades en su más amplio sentido, es decir, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas, como también al estudio de los cambios estructurales y funcionales en las células, tejidos y órganos que subyacen a la enfermedad, intenta explicar los cómo y porqués de los signos y síntomas manifestados, a la vez proporciona una base sólida para los cuidados y la terapéutica necesaria.⁷²

Lo anterior no dista considerablemente del tema que atendemos, tomando como sujeto de estudio las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, las causas, consecuencias y terapéutica para atender los defectos superficiales [enfermedades] presentes en ellas.

La patología, en todos los campos en que está presente y en el campo de la arquitectura y construcción no es una excepción, es una disciplina que conecta la ciencia y la práctica, porque necesitamos de un profundo conocimiento para poder responder de la mejor manera ante algún defecto superficial [enfermedad] que presenten las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, y la experiencia práctica es esencial porque con ella identificaremos rápidamente las causas y posibles soluciones, para dar una respuesta acertada en cuanto a los aspectos que nos inquietan atender, además de vincular los capitales que se quieren fomentar para desarrollar una construcción sostenible, refiriéndose al capital social y humano, al capital económico y al capital medioambiental [2Cap.].

La patología en la arquitectura y construcción requiere de una considerable especialización además del trabajo en conjunto de múltiples oficios y técnicas a través de equipos multidisciplinarios, conformados ya sean por químicos, ingenieros, topógrafos, arquitectos, entre otros profesionistas involucrados, mas la decisión final debe confiarse y ser generada por un especialista en el tema. Por esto, profundizar en la tecnología del material aparente, las técnicas y la patología en torno a este es fundamental, ya que debido al contenido que se expone en la presente investigación que incluye el análisis de diversa bibliografía especializada, fuentes directas de información y la experiencia de profesionistas expertos e involucrados en la materia, podremos complementar dicha información en la práctica, para garantizar la especialización mediante un sustento en esta herramienta teórica-práctica.

⁷² ROBBINS Y COTRAN. *Patología Estructural y Funcional*. 7ª, Ed., Madrid, España. Edit. Elsevier. 2006.

Complementando lo anterior, la patología en las estructuras de concreto armado no medirá solamente las desviaciones de los elementos estructurales, como tampoco medirá solo la resistencia del material, sino que es más integral, ya que evaluará la o las variaciones o situaciones que han afectado ya sea a la seguridad, funcionalidad, hermeticidad, durabilidad y apariencia de las estructuras con dicho material, pudiendo abordarla desde diversos puntos de vista, ya que dentro de la patología en las estructuras de concreto armado se pueden producir bifurcaciones con el fin de buscar profundizar en ciertas situaciones específicas, para establecer las causas, consecuencias y terapéutica idónea y especializada frente al camino escogido.

Ante esto, entenderemos como patología estructural, al análisis de las sobrecargas y deformaciones impuestas que generan una problemática en las estructuras de concreto armado. Como patología física, la que se especializa en los cambios volumétricos que experimenta el material. Patología química, la que analiza la degradación o desintegración de las estructuras de concreto armado como consecuencia del contacto con sustancias nocivas. Y como patología superficial, la que se encarga del estudio de las situaciones que afectan al aspecto o apariencia de una estructura de concreto armado, pudiendo alcanzar estas la degradación, destrucción y afectar al comportamiento interno de dicha estructura.

Para afrontar cualquiera de estas bifurcaciones es que se plantea sea realizado mediante dos estudios, los que pueden funcionar aislados o vinculados. El estudio clínico, será la arista que se encarga del estudio de las enfermedades teóricamente, y el estudio experimental el que se encarga de realizar pruebas o mediciones de campo o de laboratorio, y su vinculación la llamaremos estudio integral.

Entonces la relación entre desviaciones y variaciones de capacidad resistente es un estudio experimental patológico estructural que establece si es necesario el refuerzo⁷³ o la rehabilitación, siendo esto un fragmento del universo de la patología de las estructuras de concreto armado. Asimismo, podríamos definir esta investigación como un estudio integral patológico superficial en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, ya que se realizaron estudios y análisis teóricos de los defectos [enfermedades] superficiales que afectan la apariencia y el comportamiento interno de dichas envolventes, además, pruebas de campo para establecer las causas, consecuencias y terapéutica de aquellos defectos superficiales que se repiten con mayor frecuencia en Ciudad Universitaria, generando una herramienta teórica-práctica de respaldo y apoyo para optimizar y renovar nuestros resultados.

⁷³ Refuerzo: Incremento de la capacidad de un elemento, más allá de su función o características iniciales.

IV.1. Antecedentes de la Patología en Arquitectura y Construcción.

La historia que nos antecede en temas referentes a la patología en la arquitectura y construcción, a los defectos y fallos [enfermedades] de las construcciones y a las exigencias en los trabajos que se deben realizar en las diferentes etapas de una obra arquitectónica, tiene tantos años como la arquitectura misma, hace cuatro mil años en Mesopotamia existió un código llamado Hammurabí (1692 A.C.) conformado por 282 leyes, las que respondían a su época y en el cual se plasman temas legislativos del ser humano, como también en dicho código se da el comienzo frente a los temas sobre las responsabilidades y exigencias ante los defectos y fallos en las edificaciones. Es el primer tratado que se dictó sobre patología en arquitectura y construcción del cual mencionaré solo las leyes que hacen referencia al tema que nos convoca:

Ley 229: Si un arquitecto hizo una casa para otro, y no la hizo sólida, y si la casa que hizo se derrumbó y ha hecho morir al propietario de la casa, el arquitecto será muerto.

Ley 230: Si ello hizo morir al hijo del propietario de la casa, se matará al hijo del arquitecto.

Ley 231: Si hizo morir al esclavo del dueño de la casa, dará al propietario de la casa esclavo como esclavo (un esclavo equivalente).

Ley 233: Si un arquitecto hizo una casa para otro y no hizo bien las bases, y si un nuevo muro se cayó, este arquitecto reparará el muro a su costa.

Ley 232: Si le ha hecho perder los bienes, le pagará todo lo que se ha perdido, y, porque no ha hecho sólida la casa que construyó, que se ha derrumbado, reconstruirá a su propia costa la casa.

Por otro lado hace más de un siglo, Robert Stevenson, presidente del instituto Británico de Ingeniería, recomendaba por allá por 1856 que, *los accidentes que habían tenido lugar durante los últimos años, debían ser recopilados, analizados y divulgados, puesto que nada sería tan útil e instructivo, para los jóvenes alumnos y profesionistas.*⁷⁴

Otro antecedente histórico importante en torno a la patología en arquitectura y construcción es la publicación en 1918 de una recopilación de 25 accidentes producidos en construcciones de concreto por La American Railway Engineering Association, que clasificó a los accidentes según su origen en: falta de calidad de los materiales, errores de proyecto, errores de ejecución, descimbrados y carga prematura de la estructura, cimientos insuficientes e incendios.

⁷⁴ FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ª, Ed. Madrid. Colección Escuelas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1994.

Terminaba esta recopilación haciendo hincapié en que, solamente, mediante una cuidadosa inspección sería posible disminuir el número de accidentes.⁷⁵

Es realmente difícil conocer la situación actual del problema patológico en arquitectura y construcción, debido a que los fracasos o errores siempre se guardan para evitar su trascendencia. El actual incremento de defectos superficiales en las estructuras de concreto armado aparente dependen de múltiples factores, en los que los distintos actores involucrados en el campo de la arquitectura y construcción tenemos una incidencia directa, pudiendo intervenir y así generar una respuesta, ya sea al rehabilitar y prevenir estos defectos en las obras arquitectónicas.

Entre dichos factores destacan en primer lugar, la mayor cantidad de construcción desarrollada en la actualidad, su velocidad y complejidad. También, el mantenimiento de las estructuras, tema generalmente no considerado ni incluido en el proceso constructivo. Además, la corta vida útil y el constante reemplazo de los materiales utilizados por los grandes despachos, limita la generación de experiencia sobre su uso y conocimiento. Y finalmente, los planes de estudios de las profesiones ligadas a la arquitectura y construcción, han sido incapaces de dar una buena preparación a los futuros profesionistas pensada en las reales necesidades que requiere la industria.

De igual manera podemos intervenir y prevenir los defectos superficiales en nuestras obras arquitectónicas de concreto armado aparente, en alguna de las fases que experimentan durante su tiempo de existencia, las que podemos asimilar como a las fases de vida de los seres vivos a: la concepción [la planeación y el diseño]; nacimiento, infancia, adolescencia, juventud [la construcción y ejecución]; madurez [puesta en servicio y uso]; la senectud [deterioro por vejez]; la agonía [degradación o fatiga del material]; y finalmente la muerte [colapso estructural].

A todas estas etapas son las que corresponde atender y extender ya que una estructura de concreto armado aparente nos permite una vida útil muy extensa y está en nuestras manos que sea de la mejor manera que nos permita el material, ya que el paso del tiempo para las estructuras es un proceso de degradación continuo que puede ser más o menos lento de acuerdo con su adecuación al medio y con la calidad de los materiales empleados en ella.

⁷⁵ Ibid.

Al igual como ocurre con las personas hay estructuras sanas y estructuras enfermas. Estas últimas son las que han tenido un desarrollo poco feliz, bien por defectos de gestación, o bien por pocos cuidados y vigilancia en su crecimiento o durante su vida. Las estructuras enfermas pertenecen al tema que atenderemos, analizando las causas y tratando de entender la terapia más idónea a fin de intervenir con prontitud antes de que los defectos puedan llegar a un estado limite, finalmente y primordial para mejorar nuestros resultados arquitectónicos con la prevención adecuada.

IV.2. Patología Superficial.

Los defectos y fallos [enfermedades] superficiales del concreto armado aparente se manifiestan básicamente al final de su proceso constructivo, por esto debemos de considerar todas las medidas que puedan minimizarlos durante dicho proceso, para que cuando concluya este, se corrijan los defectos y fallos disminuyendo así los gastos asociados a reparaciones, ya que como sabemos este material se utiliza en grandes cantidades en México y en el mundo. No obstante, existe una gran cantidad de estas obras arquitectónicas de concreto armado aparente con resultados deficientes, que presentan acabados defectuosos, una apariencia poco uniforme, desaprovechando las propiedades potenciales del material, generando además, un gran deterioro de nuestras sociedades y ciudades, por lo tanto, es nuestra responsabilidad mejorar la calidad superficial y el óptimo manejo de la teoría y la práctica al respecto.

He mencionado durante el desarrollo de la presente investigación que la arquitectura tiene como componente esencial a la estructura, y que su objetivo primordial es crear espacios arquitectónicos mediante ella utilizando para su realización a los materiales, en nuestro caso al concreto armado aparente, debiendo funcionar de forma armónica el diseño arquitectónico y el diseño estructural, para producir una obra capaz de resistir las cargas de servicio, esfuerzos, el intercambio con el exterior, y todas las acciones que la afectarán durante su vida útil, todo esto sin desvirtuarse ni su aspecto ni su apariencia.

Cuando se presenta algún defecto y/o fallo en la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente se ve disminuida su seguridad, funcionalidad, hermeticidad, y apariencia, entonces podemos señalar que dicha envolvente es vulnerable, es decir tiene un elevado potencial de mal comportamiento respecto a alguna sollicitación, afectando en consecuencia su durabilidad y comportamiento interno.

Por lo tanto, una envolvente arquitectónica de concreto armado aparente debe ser invulnerable durante el periodo de tiempo para el que ha sido proyectada y construida con un mínimo mantenimiento, siendo requisitos fundamentales que sea resistente a los ataques de agentes físicos, químicos, que soporte las acciones mecánicas, la polución del medio ambiente, los cultivos biológicos, las eflorescencias, los mecanismos de deterioro, y las fallas que pudieran afectarla en alguna de las etapas del proceso constructivo.

Detengamos a reflexionar que es en el diseño de dicha envolvente en donde podemos prepararla para que esta sea capaz de soportar y resistir los factores antes mencionados, junto con contemplar las condiciones de exposición, el medio ambiente circundante, su proceso de ejecución y el posterior mantenimiento.

Por su propia naturaleza de material moldeable y heterogéneo, es difícil alcanzar la perfección en la superficie expuesta de concreto armado, que generalmente presenta calidades diferentes. El efecto de una superficie de concreto armado aparente, depende tanto de su tipo como de su propia calidad. La perfección total, es materialmente inalcanzable como se menciono y por ello es necesario formular un sistema que permita definir niveles de calidad para mejorar la comunicación y comprensión en los objetivos deseados de la obra arquitectónica por las partes que intervendrán en su realización y mantenimiento, ya que existirán superficies de concreto armado aparente que pudieran tolerar hasta ciertos grados de defectos superficiales, otras pueden tolerar unos pocos y otras nada.

En último lugar podemos decir que una envolvente arquitectónica de concreto armado aparente ha llegado al final de su vida útil, cuando continuar utilizándola sea costoso, peligroso y su estética genere deterioro a la vida del ser humano y su entorno.

La actual normatividad existente en México y en casi todos los países de Latinoamérica va dirigida a edificaciones en proyecto de ejecución, ósea a obras nuevas. En nuestro caso, al abordar temas de defectos presentes en envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, estos van dirigidos a obras realizadas, considerando además, que cada caso admitirá actuar de forma independiente, entonces debemos de poner atención en las variables que se repitan para hacer el mejor diagnóstico y posteriores reparaciones, por esto, al no tener normatividad específica debemos actuar con mayor prudencia y especial atención en las recomendaciones de diversas organizaciones especializadas en el tema, demostrándolo en el terreno, con respaldo en bases teóricas y experiencia práctica.

Ante esto, el CIB [The Concrete Industry Board] que es una organización privada ubicada en Nueva York, la cual se encarga de apoyar a los profesionistas y personas involucradas en las áreas de arquitectura y construcción, a través del fomento de la educación, el intercambio de conocimientos y la entrega de bases y recomendaciones para mejorar y cumplir nuestros objetivos propuestos en las edificaciones de concreto armado, promoviendo así, el incremento en el nivel de calidad desde el diseño a la construcción de nuestras edificaciones con dicho material.

Esta organización ha propuesto cuatro categorías diferentes para denominar al resultado en la apariencia de las superficies de concreto armado aparente, las que nos pueden dar pautas y guías a seguir para el trabajo y comunicación entre las partes involucradas, además para mejorar nuestros resultados disminuyendo los defectos superficiales que puedan surgir. Estas cuatro categorías son las que consideraremos como referentes al no tener normatividades ni especificaciones al respecto:

| Categoría | Características |
|-----------------------|---|
| (A) <u>Especiales</u> | Que por su elevado costo corresponden a obras donde el aspecto reviste una importancia especial, superficies destacadamente expuestas a la vista pública. |
| (B) <u>Cuidadas</u> | Que se definen por especificaciones estrictas. Superficies cuya apariencia debe ser muy buena. |
| (C) <u>Ordinarias</u> | Cuando las superficies son visibles, pero no justifican gastos apreciables para su ejecución |
| (D) <u>Rugosas</u> | Para los cuales no se establece especificación y se exigen requisitos mínimos de calidad superficial. |

Tabla N°10. La Concrete Industry Board, establece cuatro categorías de superficies aparentes de concreto armado, las que utilizaremos por carecer de normatividades nacionales y especificaciones al respecto.

Como la apreciación en la apariencia de una superficie de concreto armado aparente es definida por un observador, es razonable establecer estas diferentes exigencias de calidad apoyadas y definidas en la tabla anterior, pero además se debe contemplar la situación en que se encuentra el elemento constructivo.

De esta manera, debemos considerar que la primera planta de un edificio será calificada de manera más exigente que los niveles superiores y en estos será posible distinguir los efectos

que puedan ser apreciados desde el interior por las aberturas naturales, de aquellos que únicamente son observados desde fuera. Al mismo tiempo, es admisible ponderar las exigencias en razón de la complejidad de la estructura, pues la dificultad en llenar las cimbras, sea por el incremento de acero de refuerzo o la geometría de los elementos constructivos, como también por las formas inclinadas, podrían afectar la ejecución del proyecto y por lo tanto generar defectos y/o fallos en las superficies de concreto armado aparente, los que se podrían minimizar con una preocupación adicional en cada detalle constructivo.

IV.3. Causas de los Defectos [Enfermedades] Superficiales.

Debemos indagar en las causas que provocan los defectos superficiales en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, además definir los defectos estudiados para unificar la denominación de estos en las superficies mencionadas, con el fin de realizar inspecciones objetivas y lograr la valorización de las calidades y de las vulnerabilidades de dichas envolventes, considerando las tolerancias aceptables que diversos organismos especializados nos entregan. Para establecer posteriormente el diagnóstico, y generar una terapia coherente y efectiva. Así, mientras menos defectos superficiales presenten nuestras obras arquitectónicas, menor será el deterioro de nuestras sociedades y entornos.

Entenderemos como defecto, a la *situación en la que uno o más elementos de una construcción no cumplen la función para la que han sido previstos.*⁷⁶ Como también, *al exceso sobre los límites de tolerancia de alguna propiedad de la estructura.*⁷⁷ En el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se define defecto como la carencia de lo que se considera propio de alguien o de algo.

Otro término importante de precisar es fallo, definido como la *finalización de la capacidad de un elemento constructivo para desempeñar la función requerida,*⁷⁸ o además, *como un descuido, una actividad imprevista o accidental, que se traduce en un defecto en la estructura o en el elemento constructivo,*⁷⁹ para la Real Academia de la Lengua Española fallo se definirá como una falta, deficiencia o error.

⁷⁶ CALAVERA RUIZ, José. *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*. Tomo 1. 2ª, Ed. España. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, INTEMAC. 2005.

⁷⁷ FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ª, Ed. Madrid. Colección Escuelas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1994.

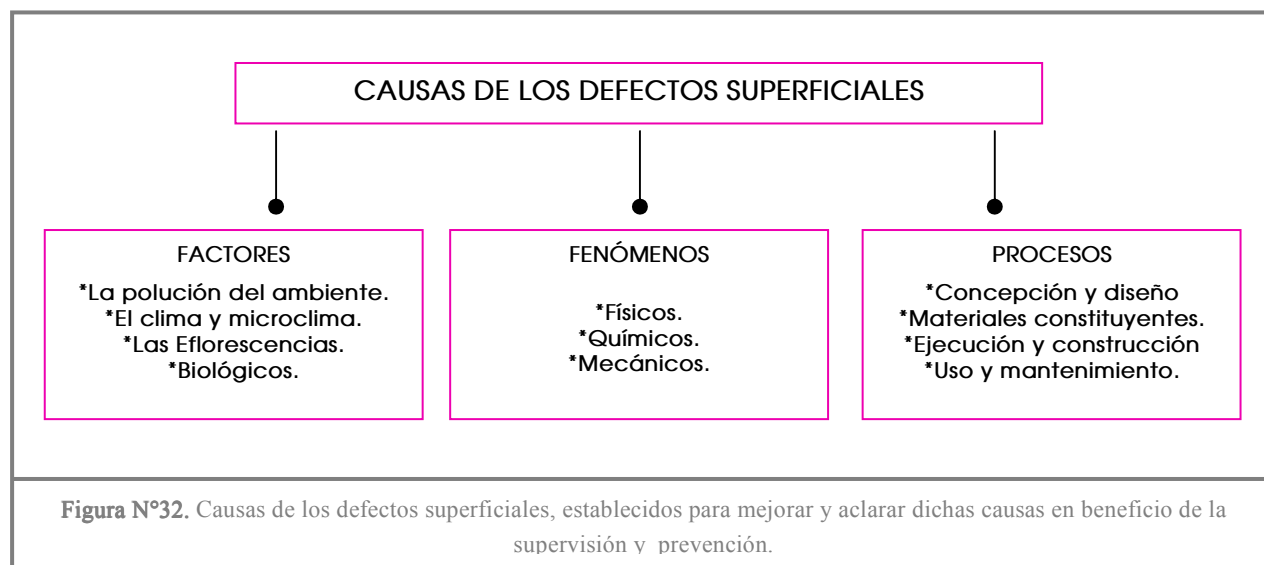
⁷⁸ CALAVERA RUIZ, José. Op.cit.

⁷⁹ FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. Op.cit.

Debido a que todos los materiales son finitos, el límite con el ambiente se conoce como superficie externa, y es en donde se presentan las imperfecciones de una superficie, por lo tanto, apoyados en las definiciones anteriores, entenderemos como defecto superficial a cualquier alteración que provoque una variación visible en la superficie externa de un elemento constructivo de concreto armado aparente, pudiendo ser generado o generar un fallo en el elemento constructivo, además de limitar sus propiedades potenciales y características propias del material.

El concreto armado aparente puede sufrir alteraciones que modifiquen su apariencia en el transcurso del tiempo. En algunos casos es posible prever los desarreglos y adoptar medidas en las etapas de selección del material y en el proceso constructivo, para minimizar los riesgos. En otros, la ocurrencia se debe a factores externos que son difíciles de prever, como la modificación del tipo de usuario de la edificación o la introducción de nuevos elementos de contaminación ambiental que se deben de estudiar cuando esto ocurra.

Las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente se encuentran sometidas a diversos factores [agentes que las afectan], fenómenos [reacciones que se producen] y procesos [etapas de conformación] durante su vida útil. La determinación de la procedencia de estos es fundamental para el estudio patológico de los defectos y fallos superficiales, ya que las mismas causas producen la gran mayoría de las veces los mismos defectos y fallos, clasificándolas según su procedencia de la siguiente manera:



IV.3.1. Factores que Originan Defectos y Fallos Superficiales.

IV.3.1.1. La Polución del Medio Ambiente.

Cuando a los ecosistemas⁸⁰ se incorporan sustancias tóxicas ya sean al suelo, a las aguas o al aire, y estas están provocando un desequilibrio en el medio ambiente generando consecuencias en nuestras edificaciones, es cuando debemos de preocuparnos en reducir nuestro aporte a dicha contaminación, pero cuando estas además, están afectando directamente a la vida del ser humano es extremadamente preocupante, por lo tanto, además de reducir nuestro aporte a la contaminación, como profesionistas del campo de la arquitectura y construcción debemos considerarla al momento de diseñar, reconociendo como está afecta a las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente y preocuparnos también de fomentar los mantenimientos necesarios frente a estos desequilibrios en el medio ambiente.

Nuestro medio urbano, como ecosistema heterotrófico depende de grandes flujos energéticos provenientes de fuentes externas al sistema, a pesar de presentar componentes autótrofos como los espacios verdes estos no contribuyen en gran medida a equilibrar dicho ecosistema, ya que las áreas industriales, las arterias viales junto con el transporte y la ocupación de extensas áreas construidas, generan contaminación al planeta donde se desarrollan todos los ecosistemas.

La agresión medio ambiental, es un factor que afecta especialmente a las envolventes arquitectónicas en su apariencia, mediante el depósito de polvo, el cual colorea la superficie [manchas] y es muy difícil de provocarse una autolimpieza a excepción de paramentos inclinados, debido a que el polvo se posa y penetra en la superficie adhiriéndose muy fácilmente, sobre todo las partículas muy finas que van desde 0.01 hasta 1 micra, y las partículas de mayor tamaño que se adhieren pero en las superficies que permanecen húmedas durante largos períodos, estas tienen un tamaño que fluctúa entre 1 micra hasta 1 milímetro.

Es importante entender la interacción que tiene la superficie de concreto armado aparente con su medio circundante, ya que en muchos casos es aquí donde se originan los defectos superficiales. La carbonatación es una reacción entre gases atmosféricos y los productos de la hidratación del cemento, donde el dióxido de carbono, presente en elevados

⁸⁰ Es la combinación e interacción entre los factores bióticos (vivos) y los factores abióticos (inertes) en la naturaleza. También se dice que es una interacción entre una comunidad y el ambiente que le rodea. Ejemplos: arrecifes, lagos, océanos, cultivo, bosque, etc, y el nuestro el medio urbano.

niveles en zonas contaminadas, penetra en los poros del concreto y reacciona con el óxido de calcio disuelto en el agua de los mismos poros.

Como resultado de esto, se reduce la alcalinidad propia del concreto que actúa como protección del acero de refuerzo, dando comienzo a la corrosión de este, reduciendo así la durabilidad y el comportamiento interno del elemento constructivo de concreto armado aparente. La carbonatación es un fenómeno lento, por ejemplo en un concreto bien dosificado de cemento (350 kg/m³) la profundidad a la que llega la carbonatación es de 4 milímetros en dos años, 10 milímetros en 8 años y de 20 milímetros en 25 años.⁸¹

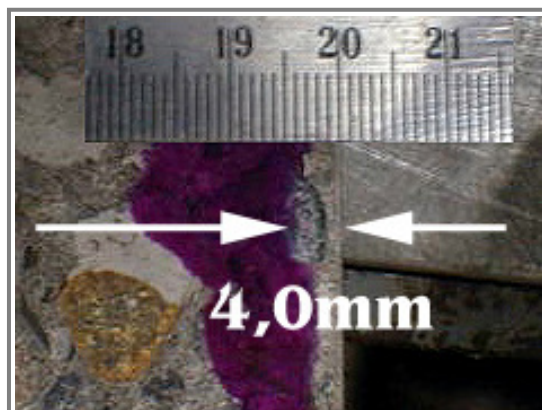


Figura N°33. Medición de la carbonatación por medio de la utilización de una solución de fenolftaleína en alcohol, que muestra un color fucsia intenso en la zona no carbonatada.

Para verificar y determinar de manera simple la posición del frente de carbonatación en el elemento constructivo de concreto armado aparente, se realiza un ensayo o prueba donde en la parte afectada del material se deja a la vista el acero de refuerzo, entonces se aplica una solución de fenolftaleína en alcohol, que cambiará de color a rosado fuerte o fucsia en la superficie que no se encuentra carbonatada; si no se produce la coloración significa que es una zona ya carbonatada.

El pH fuertemente básico del concreto es de aproximadamente 12.5 en condiciones óptimas, la cual le permite formar una capa pasivadora o protectora del acero de refuerzo, es decir, que en presencia de oxígeno y humedad, no se oxida. Sin embargo, esta característica, que asegura una prolongada vida útil al material y a las estructuras, depende de cuándo se inicia el proceso de corrosión y con qué velocidad avanza. Al período de tiempo hasta que el acero de refuerzo empieza a corroerse se lo denomina “período de incubación” y el del avance de la corrosión propiamente dicha, “período de propagación”. La detección previa permite evitar este avance.

IV.3.1.2. Factores como el Clima y Microclima.

El clima se define en términos generales como el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una zona geográfica.⁸² Y por consiguiente el microclima es el conjunto de

⁸¹ FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. Op.cit.

⁸² Diccionario Enciclopédico Espasa 2000, Ed. Espasa Calpe, 2000.

condiciones atmosféricas que con sus variantes [elementos naturales o artificiales] identificarán a un lugar o espacio físico particular o determinado. Los principales factores que determinan al clima son la latitud, altitud, relieve, la distribución de agua y de tierra, corrientes marinas y modificaciones del entorno; en donde también podemos reconocer los elementos del clima y estos son la temperatura, la humedad, las precipitaciones, los vientos, la presión atmosférica y la radiación solar. En cada lugar o región existen diferentes manifestaciones de estos elementos, que pueden variar totalmente de un lugar a otro, y son de vital importancia al momento de diseñar para hacer eficiente y durable el proyecto y sus materiales que lo conforman.

La temperatura, es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro, donde tendremos que tomar en cuenta las temperaturas máximas, medias y mínimas, ya que nos proporcionan datos para la climatización de las construcciones. *El desarrollo de un equilibrio térmico estable en nuestras construcciones debe observarse como uno de los elementos más valiosos en los avances de la tecnología en la construcción.*⁸³ El efecto de la temperatura en las estructuras de concreto armado aparente se manifiesta a través del cambio de volumen de la masa, creando esfuerzos sobre el concreto, dando como resultado el agrietamiento, el astillamiento y la deflexión excesiva.

La humedad, es el contenido de agua en el aire. El concreto se comporta similar a la madera que empieza a secarse hasta un nivel de humedad similar al del ambiente. La pérdida de humedad hace que el volumen de la pasta se contraiga, esto conduce a esfuerzos de contracción y de agrietamiento por contracción.

La precipitación, es agua proveniente de la atmósfera en forma líquida o sólida y llega sobre la superficie de nuestras edificaciones, generando un lavado diferencial de las capas de polvo que puedan existir, que generalmente son depositadas en lugares donde la textura del concreto y la geometría del mismo lo faciliten, produciéndose manchas de suciedad abundante, salvo que se realice mantenimientos periódicos, cosa naturalmente infrecuente. Además, se debe cuidar el escurrimiento del agua, para que este sea fluido, uniforme y no se estanque.

Los vientos, se forman por corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales, y se pueden caracterizar por su dirección, frecuencia y velocidad. El viento genera que en las envolventes arquitectónicas que el polvo se adhiera en mayor o menor cantidad, a

⁸³ CANNON B., Walter. citado por Baruch Givoni, *Arquitectura y clima*. Edit. Gustavo Gili, p.4.

mayor altura más viento y será menor el depósito de polvo, en las partes bajas existirá una mayor concentración de polvo por la menor cantidad de vientos que no permite que se produzcan autolimpiezas naturales. Muy ligado a los vientos, la presión atmosférica se define como el peso del aire por unidad de superficie, donde las diferencias en las presiones atmosféricas serán lo que originan los movimientos del aire, debiendo considerarla para prevenir y estudiar los defectos superficiales provenientes de estos factores.

La radiación, es la cantidad de energía solar en un plano horizontal, y esta puede ser aprovechada por las propiedades potenciales del material, en el confort térmico del ser humano al interior de las edificaciones, y también se debe considerar durante el proceso constructivo, por los cuidados que se requieren.

Debemos entonces, tener presente al momento del análisis de los defectos superficiales la interacción que tiene el elemento constructivo con su clima y microclima, considerando todos los factores que determinan cada uno de estos y la duración de ellos por periodos muy prolongados, previniendo los ciclos de congelación o deshielo, la exposición solar durante el proceso constructivo, el rango de la humedad relativa y el tipo de contacto con esta humedad, entre otros. Además, tenemos que estar al tanto de las indicaciones que nos entregan los organismos especializados referentes al diseño de una estructura de concreto armado aparente en climas fríos o en climas cálidos.

IV.3.1.3. Las Eflorescencias.

Son depósitos que se adhieren a las superficies de concreto [pátina blanca en la superficie que demerita su apariencia, estructuralmente no provoca daños], usualmente compuesto de sales cristalinas [óxido de sodio, óxido de potasio y álcalis], algunas de estas eflorescencias pueden disolverse con el agua pero no todas, siendo las más severas las producidas por la carbonatación, produciéndose carbonato de calcio insoluble, considerándose como el decolorante más serio del concreto.

En otros casos se producen por la migración del agua desde el interior de la masa del concreto armado hacia la superficie exterior, llevando consigo estas sales cristalinas existentes en los áridos durante el endurecimiento del material, alojándose e incrustándose en la superficie. Las eflorescencias son muy comunes y pueden desaparecer con el tiempo, pero en nuestro caso que tratamos factores que causan los defectos superficiales son importantes porque deterioran y afectan sustancialmente la apariencia y estética de las superficies de concreto armado aparente,

pudiendo agravarse además con el tiempo sino se tratan y previenen en el momento que corresponda. Se incrementan las eflorescencias por un curado en aire seco, recomendándose en varias bibliografías consultadas un curado de uno o dos días de 80 a 95% de humedad relativa y unos 20°C de temperatura, con una menor humedad relativa el curado debe ser durante varios días.

IV.3.1.4. Factores Biológicos.

Aunque son poco frecuentes los factores biológicos que causan defectos superficiales en las edificaciones de concreto armado aparente no dejan de tener significativa importancia, en especial ante superficies húmedas que pueden facilitar el alojamiento de determinados cultivos, en especial de algas. Además, al igual que sucede frente a los agentes químicos, debido a la presencia de acero de refuerzo en su composición, este se ve afectado por aquellas bacterias que intensifican con su actividad los procesos de corrosión.

El depósito de cultivos biológicos se produce fácilmente en la superficie húmeda del concreto armado aparente, iniciándose investigaciones de este tema a partir de los 80's, estos se adhieren a la superficie promoviendo el deterioro y generando defectos en las envolventes arquitectónicas y en otros elementos de concreto armado ya que estas superficies ofrecen una biorreceptividad generando una proliferación de microorganismos y/o cultivos biológicos.

La biorreceptividad es la susceptibilidad que tiene el concreto armado aparente para ser colonizado por uno o varios organismos animales o vegetales, y es muy variable dependiendo de la calidad, del tipo y del entorno del mismo, siendo determinada por la textura y naturaleza mineralógica, por la porosidad, así como por la rugosidad de la superficie del material.

IV.3.2. Fenómenos que Ocasionan Defectos y Fallos Superficiales.

IV.3.2.1. Fenómenos Físicos.

Los fenómenos de tipo físico que afectan al concreto armado aparente provocan las agresiones más frecuentes a las que se encuentra sometido este material, desgastando su superficie y provocando la pérdida de integridad o disgregación.

Estos fenómenos no solo se deben a causas externas, como sucede con las mecánicas, sino que pueden venir provocadas por causas internas, ya que en el proceso de elaboración del material

este se encuentra sometido a cambios de temperatura generados durante su hidratación, y además durante toda su producción hasta su puesta en carga el material se encuentra en presencia de agua, por lo tanto siempre estará experimentando ciertas contracciones y expansiones, manifestándose por ejemplo a través de las fisuras, que trataremos posteriormente. Debiendo preocuparnos en este caso como se menciona de los cambios volumétricos que experimenta el material en los tres estados por los cuales pasa, y aquí es donde afectarán los cambios de temperatura, de humedad, en la porosidad y permeabilidad que se obtenga del material y que estas propiedades funcionen en óptimas condiciones con respecto a su medio circundante.

La carbonatación también genera cambios volumétricos debido a la expansión por la corrosión del acero de refuerzo y por consiguiente un desprendimiento de grandes superficies de la masa o pasta de concreto.

Aquí sería importante mencionar que la abrasión también es un fenómeno físico que ocasiona erosión en las superficies de concreto armado aparente, y por lo tanto defectos superficiales importantes. La resistencia del material ante la abrasión está relacionada con su resistencia a la compresión y con la resistencia propia que entregan los agregados gruesos al material. La abrasión es el desgaste derivado de la fricción y el frotamiento, mientras que la erosión corresponde a la acción abrasiva de cavitación en el concreto derivado de cualquier fluido en movimiento.

La abrasión afecta en mayor medida a elementos constructivos horizontales debido al roce de elementos sobre su superficie, y en elementos verticales, la erosión tiene lugar por ejemplo cuando el agua choca a alta velocidad contra las superficies, y en este caso el agua empieza su labor destructora erosionando a la pasta de cemento para después hacer saltar al árido fino y posteriormente al árido grueso, terminando al final formándose grandes huecos en las superficies de concreto armado aparente, quedando asequible para el ingreso de agentes agresivos.

Otro síntoma por fenómenos físicos se denomina disgregación que son roturas que se producen en el interior del concreto por tracciones internas que el mismo no puede resistir. Pueden producirse por causas muy diversas, generando un desgaste en la superficie o la pérdida de integridad del material.

IV.3.2.2. Fenómenos Químicos.

Estos suelen ser de lento desarrollo. Los fenómenos químicos más habituales en el concreto armado aparente se producen por contacto con sustancias químicas agresivas como por ejemplo: los sulfatos, los cloruros, los carbonatos y los ácidos, reacción álcali-agregado, entre otros; estos agentes provocan la corrosión del acero de refuerzo provocando graves daños estructurales y afectando a la durabilidad y apariencia de las superficies de concreto armado aparente.

El ataque de estos agentes se puede producir sobre el cemento o sobre los agregados. Este efecto se ve influido por las fisuraciones o por la pérdida de alcalinidad del concreto. Si no hay humedad las reacciones no se producirán, por cada 10° de elevación de temperatura la agresión se activará. Los defectos superficiales causados por fenómenos químicos pueden transformarse en fallos importantes a los que debemos prestar bastante atención, porque pueden provocar una reducción considerable de la durabilidad.

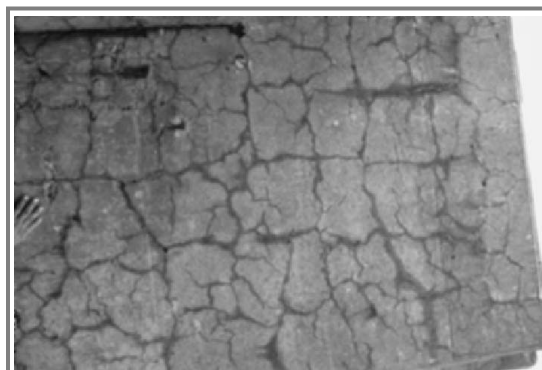


Figura N°34. H., Andrés. “Influencia de la incorporación de aditivo aireante en la carbonatación del hormigón.”

Los fenómenos químicos causan principalmente una descomposición y un lavado [lixiviación] de la pasta endurecida, como también las reacciones de intercambio entre el agente agresivo y la pasta de cemento generan nuevos productos, como por ejemplo la etringita que se expande y ejerce presión sobre los poros del concreto, provocando fisuraciones, fragmentando al material y su consecuente deterioro. El ACI [American Concrete Institute], tiene estudios y recomendaciones acerca de 420 sustancias nocivas para el concreto armado aparente, por ejemplo el reporte del comité ACI 201, “Guide to durable concrete” de 1982.

El ataque de fenómenos químicos también puede dar lugar a la desagregación que consiste en la degradación del cemento que deja de funcionar como aglomerante y en consecuencia deja libres los áridos. Las causas de las desagregaciones suelen ser ataques químicos, sobre todo sulfatos y cloruros. El proceso es lento y empieza generalmente con un cambio de coloración, seguido de la formación de fisuras entrecruzadas que van aumentando progresivamente. A continuación, la superficie se va deformando, hasta que se desprende y se va desintegrando la masa del concreto.

IV.3.2.3. Fenómenos Mecánicos.

Este fenómeno depende directamente del servicio proyectado, de las acciones permanentes y de las variables previsibles, que son la base para el diseño y el cálculo de cualquier estructura de concreto armado aparente, teniendo presente los esfuerzos, las deformaciones, módulos de elasticidad, dilataciones térmicas, la relación íntima que existe entre la pasta de cemento y agregados con los aceros de refuerzos y el uso de la edificación, debiendo existir la coherencia y armonía que hemos mencionado anteriormente entre el diseño arquitectónico y el diseño estructural.

Además, debemos incluir los cambios de uso que acompañan la vida útil de una edificación sobre todo hoy con el acelerado ritmo urbano en el cual estamos inmersos, que genera que nuestras edificaciones se vuelvan obsoletas con rapidez, requiriendo de evaluaciones para ser reutilizadas. Finalmente, también se deben considerar condiciones no previstas, por ejemplo sismos, accidentes, incendios u otros imponderables, y ante esto la terapia irá dirigida a la reparación más que a la prevención o su pronóstico pesimista la posible amputación o demolición de parte o total de la edificación.



Figura N°35. Edificio que el recién pasado terremoto de Chile [marzo 2010] se vio afectado.

Los fenómenos mecánicos se manifiestan en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente como deformaciones, fisuras, fracturas, daños por abrasión, por lo que fenómenos como estos, se deben considerar para mantener la seguridad, la durabilidad o la capacidad para soportar cargas no se tratan aquí.

IV.3.3. Procesos que Suscitan Defectos y Fallos Superficiales

IV.3.3.1. Proceso de Concepción y Diseño.

En este proceso deben confluir la función, la forma, las condiciones ambientales, la vida estimada de servicio, además del conocimiento integral de la tecnología del material, de las técnicas que intervienen en su proceso constructivo y una planeación eficiente y holística

durante la vida útil de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. Dentro de este tema se pueden presentar, la ausencia de cálculos, falta de un diseño apropiado, falta de eficientes drenajes, no proyectar las diversas juntas que se requieren para minimizar defectos superficiales en las envolventes, dimensión errónea de los elementos estructurales y/o disponer inapropiadamente del refuerzo, falta de detalles constructivos y especificaciones técnicas de las partes que conforman la obra y del total.

IV.3.3.2. Materiales Constituyentes.

Como vimos en los primeros capítulos de la presente investigación, se han experimentado cambios en la forma de abordar el tema de los materiales y cómo influyen estos, en los defectos y fallos superficiales de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, ya que actualmente existe una gran variedad de cementos cuyas propiedades y características permiten diversos usos y aplicaciones, además debemos considerar todos los requisitos de los demás componentes para especificar con certeza y claridad de nuestros objetivos.

No existen recetas únicas, la selección y dosificaciones de los materiales constituyentes debe hacerse en base a las características de cada caso en particular, considerando las técnicas constructivas, tecnología del material y las condiciones del lugar para que exista una relación eficiente al momento de su utilización.

Como proceso podría provocar defectos superficiales debido a la selección inapropiada, mal diseño o dosificación de la mezcla, no respetar las tolerancias de asentamientos, agregados de tamaños equivocados, exceso de aire incluido, por adicionar agua posterior a la mezcla, no respetar el factor de seguridad de esta, por utilizar ya sea menos o más cantidad de cemento requerida, por retrasos del fraguado, por acelerar el fraguado, bajas resistencias en el concreto, y por acero de refuerzo de calidad inapropiada o en malas condiciones.

IV.3.3.3. Proceso de Ejecución y Construcción.

*Una estructura fácil de construir, es una estructura que tiene mayores posibilidades de estar bien construida, y por lo tanto de ser más duradera.*⁸⁴ De acuerdo con lo anterior, agregaría que el diseño arquitectónico en conjunto con el diseño y cálculo estructural serán

⁸⁴ SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, *Durabilidad y Patología del Concreto*. Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO. Colombia, 2006.

“fáciles”, cuando estos sean comprendidos claramente por todos los que intervienen en el proceso constructivo en cualquiera de sus etapas, y en dicho proceso la comunicación debe ser eficaz y eficiente. Por lo tanto, al tener claridad en lo que se desea lograr, cada uno cumplirá su labor con seguridad de reflejar lo más fielmente posible los planos y especificaciones dadas por la concepción y el diseño de la obra arquitectónica.

Es aquí en este proceso que se debe de tener muy presente para ejecutar la construcción de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, u otro elemento constructivo con dicho material, el respetar y acatar el cálculo y diseño de las cimbras en su elaboración y puesta en obra para evitar defectos y fallos importantes. No se deben cambiar las dimensiones especificadas bajo ninguna situación, todo cambio debe estar sujeto a la aprobación en una comisión de personas especializadas. Se requiere inspeccionar las cimbras de manera profunda, junto con la correcta colocación del acero de refuerzo para no permitir el desplazamiento durante el vaciado de la mezcla, se debe de cuidar las malas prácticas de manejo y colocación de la mezcla, el descimbrado prematuro, el ejecutar las juntas establecidas. Ocurre en menos medida pero tampoco se debe cargar la estructura anticipadamente, y menos abrir huecos o vanos donde no lo especifique el diseño.

IV.3.3.4. Uso y Mantenimiento.

No existe una cultura en nuestros países Latinoamericanos con respecto al mantenimiento de nuestras edificaciones, siendo necesario realizar inspecciones rutinarias. En la práctica, después de la puesta en servicio de una envolvente arquitectónica debería iniciarse el mantenimiento de la misma con una inspección preliminar. Este debe ser un mantenimiento al igual que los equipos electrónicos, electrodomésticos o automóviles, ya que una edificación vale mucho más que todo lo anterior por lo tanto, es importante realizarlo para prevenir defectos superficiales y posteriores daños estructurales, que causarían gastos mayores a los usuarios, pudiendo prevenirlos de manera anticipada y generando con ello una cultura al respecto. Dependiendo del grado de deterioro o de defectos que exhiba la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente el mantenimiento deberá ser: Preventivo, aquel que contempla los trabajos de reparaciones necesarios para impedir posibles deterioros o el desarrollo de defectos ya apreciados. El mantenimiento Correctivo, hace referencia a la restitución de las condiciones originales a la concepción y al diseño. El mantenimiento Curativo, tiene lugar cuando hay que reemplazar porciones o elementos de una estructura, por deterioro o defectos agravados.

IV.4. Sintomatología de los Defectos [Enfermedades] Superficiales.

Es el conjunto de síntomas que se manifiestan en una estructura o en alguno de sus elementos constructivos, en nuestro caso en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, siendo estos indicativos de un defecto [enfermedad] que pueden afectar tanto a la seguridad, a la funcionalidad, a la hermeticidad, a la durabilidad y a la apariencia de dichas envolventes. Las estructuras de concreto armado pueden presentar numerosos y diversos problemas, que muchas veces rebasan los simples límites de los fallos resistentes. Así, fenómenos como la corrosión o la desagregación química pueden ser incluso más peligrosos y difíciles de reparar que un fallo en la armadura, que normalmente es el que parece más grave. Como lo importante es reconocer y profundizar en los defectos superficiales más frecuentes en un sector determinado, la inspección visual es fundamental, ante esto será importante un recorrido por la obra para hacer un registro lo más completo posible de los defectos superficiales que presenten, iniciándose con la identificación de los síntomas que exhiban, y estos pueden ser entre otros los siguientes:

| | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Fisuras | Hinchazones | Polvo |
| Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | Diferencia de tonalidad en la superficie | Contaminación por polución |
| Desagregaciones | Disgregaciones | Cultivos biológicos |
| Burbujas | Diferencias de texturas | Meteorización |
| Cambios de color | Manchas de óxido en la superficie | Corrosión del acero |
| Desplomes | Eflorescencias | Desalineamientos |
| Concentración de agregados | Exposición del acero de refuerzo | Corrosión de otros metales embebidos |
| Erosión | Abrasión | Descascaramientos |
| Reventones | Exfoliación | Otros |

Tabla N°11. Listado de síntomas que pudieran presentar las envolventes arquitectónicas, previa a la inspección de los defectos superficiales.

Estos síntomas son los que necesitamos reconocer, para poder llevar a cabo el diagnóstico a través del estudio clínico y experimental [con mediciones en campo] de los defectos y fallos superficiales, y posteriormente ser capaces de generar un pronóstico y terapéutica frente a estos. Además, permitimos que elevemos nuestros resultados anticipándonos a los defectos y fallos superficiales, a modo de proyectar con criterios patológicos e incluir los capitales sociales y humanos, económicos y medioambientales en nuestras envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

IV.5. Definiciones de los Defectos [Enfermedades] Superficiales.

La patología superficial en la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente se especializa y evalúa como se podría mejorar, prevenir y corregir características primordiales que posee el material como lo son: su textura, su porosidad, sus variaciones de color, el desplome de las cimbras y las juntas. Los defectos superficiales **más graves** según la mayoría de la literatura consultada en las superficies de concreto armado aparente a nivel mundial son: la exposición del agregado grueso, las grietas por asentamiento, las juntas frías y el exceso de burbujas, defectos que definiremos posteriormente para entender con claridad a que nos referimos.

Para efectos de unificar la denominación de los defectos en las superficies de concreto armado aparente, y con el fin de ser objetivos en la valoración posterior de su calidad, se presenta la definición de cada uno de los defectos superficiales estudiados. Debemos señalar que puede ocurrir que dos o más síntomas presentados en la Tabla N°11 se relacionen con un mismo defecto o viceversa.

La producción de grandes superficies de concreto armado aparente comienza a ser muy utilizada a mediados del siglo XX y es aquí donde debemos de examinar y pensar en la serie de problemas que podemos evitar, ya que como arquitectos nos corresponde ejercer como líderes en el proyecto, porque entenderemos de manera integral la dirección y el resultado final que se quiere lograr, acompañado sin lugar a dudas del equipo de trabajo, evitando así, los defectos superficiales que a continuación se presentan.

Se recomienda realizar superficies de pruebas durante el comienzo de la ejecución de la obra, y estas deben ser tal y cual se especifica en los planos arquitectónicos, planos estructurales, detalles y especificaciones técnicas.

El American Concrete Institute, mediante el reporte del comité ACI 309.2R-98 “Identification and Control of Visible Effects of Consolidation on Formed Concrete Surfaces”, identifica 10 tipos de defectos superficiales que debemos considerar al momento de realizar un estudio en las superficies aparentes de concreto armado y estos son los siguientes: Exposición del agregado grueso; burbujas superficiales; variación de color y manchas; líneas entre capas; juntas frías; líneas de acumulación de finos; rebabas y huellas por desplazamiento de las cimbras; transparencia del agregado grueso; fugas de lechada por falta de hermeticidad de las cimbras; y fisuras. Define igualmente los factores causantes de estos defectos superficiales

desde los siguientes puntos de vista: El diseño de los elementos estructurales; las especificaciones técnicas; las cimbras; las propiedades del concreto fresco; la colocación; la consolidación y condiciones especiales de construcción.

Por otro lado, la American Society of Concrete Contractors ha desarrollado dos publicaciones: “Guide for Surface Finish of Formed Concrete” y “The Concrete Contractors Dispute Resolution Guide” las que establecen también conceptos similares a los del Comité ACI 309.2R-98; sin embargo, en la bibliografía indicada no se encuentra claramente ningún criterio para cuantificar los defectos superficiales mencionados, además, tampoco se dispone en México de normalizaciones al respecto, por lo tanto, nos debemos apoyar en bibliografía adicional y realizar las interpretaciones y acondicionamientos necesarios para las evaluaciones, como punto de partida en la profundización del tema de investigación, ante esto definiremos cada defecto que se inspeccionara y evaluara posteriormente de la manera que a continuación prosigue.

IV.5.1. Fisuras y Grietas.

La aparición de fisuras y grietas en la superficie de concreto armado aparente puede ser un hecho normal debido al comportamiento del concreto como material estructural, y estas responden a ciertos problemas, no son el problema como tal. Se considerarán como defectos aquellas que, por su tamaño, afecten la apariencia del concreto y brinden un aspecto inseguro a la estructura. La única diferencia que se establece en la bibliografía consultada entre fisuras y grietas hace alusión al tamaño, estableciéndose una dimensión de 0.4 milímetros hacia abajo a todo defecto que llamaremos fisuras y grietas a toda abertura o separación de ancho superior la dimensión antes señalada.⁸⁵

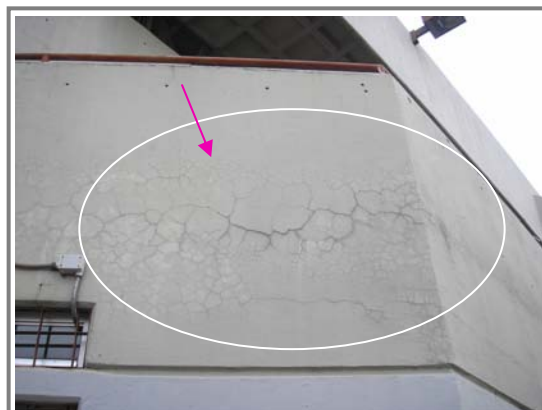


Figura N°36. Fisuras en distribución caprichosa y cortándose unas con otras según ángulos rectos o líneas sinuosas ya que se adaptan a la forma de los agregados gruesos, consecuencia de un secado superficial energético, ósea una retracción plástica.

⁸⁵ ACI 224R-01. American Concrete Institute. Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón. Vigencia desde el 16 de mayo de 2001.

En todas las construcciones en las que interviene el concreto armado pueden aparecer fisuras que pueden manifestarse al cabo de años, de semanas, de días, o solamente de horas y que pueden estar motivadas por causas múltiples, unas veces actuando en solitario y otras asociadas a otros defectos superficiales. La fisuración y el agrietamiento ambos tratan de una rotura o separación en dos o más partes en la superficie del concreto armado aparente que se manifiestan exteriormente a través de un desarrollo lineal. Se producen siempre que la tensión, generalmente de tracción, a la que se encuentra sometido el material sobrepasa su última resistencia.

La determinación de las causas que han provocado las fisuras es importante como medida previa a la reparación. No hay que pensar, que las estructuras fisuradas de concreto son siempre peligrosas. Éstas son especialmente peligrosas cuando sobrepasan determinados espesores y cuando están en determinados ambientes. Si tenemos posibilidades de distinguir y establecer en cuál de los tres estado del material aparecen las fisuras, podremos distinguir con mayor facilidad de qué tipo de fisuras se trata y como atenderla.

En todo proceso de fisuración se pueden observar dos etapas: una microfisuración inicial y una macrofisuración posterior. Las microfisuras no son apreciables a simple vista el espesor es inferior a 0,05 milímetros y en general, no aparecen al exterior sino para convertirse en macrofisuras que son las que podemos llegar a evaluar.

También podemos clasificar las fisuras en función del movimiento que admitan diferenciando entre: fisuras estabilizadas o muertas en las que se llega a una abertura determinada y el proceso queda parado como ocurre, por ejemplo, en un proceso de retracción hidráulica; las fisuras en movimiento, aquellas en las que la fisuración continúa normalmente con una velocidad decreciente hasta llegar a la estabilización y, las fisuras vivas en las que la abertura es variable de acuerdo con la temperatura, las sollicitaciones, etc., esto se puede monitorear con un instrumento denominado fisurómetro, existiendo en el mercado una gran variedad y de diversas precisiones.

Así mismo, las fisuras también pueden ser catalogadas como fisuras **estructurales** y fisuras **no estructurales**. Las fisuras estructurales son las debidas al alargamiento de las armaduras o a las excesivas tensiones de tracción o compresión, producidas en el concreto por los esfuerzos derivados de la aplicación de las acciones exteriores o de deformaciones impuestas. Las fisuras no estructurales son las producidas en el concreto, durante sus tres estados, pero generadas por

causas intrínsecas, es decir, debidas al comportamiento de sus materiales constituyentes (asiento plástico, retracción plástica, contracción térmica inicial, retracción hidráulica, etc.)

Para el estudio de las fisuras deberemos atender y considerar las características de las mismas, las más relevantes a la hora de identificarlas son:

La geometría, será importante determinar el trazado, la anchura y profundidad de la fisura, así como si se encuentra ligada a las armaduras o la relación que posee con la geometría del elemento. Será también importante para determinar la posible afectación a las armaduras, en caso de que se encuentren ligadas a estas, saber si se trata de una fisura muerta o viva.

El trazado, será necesario conocer si se trata de una fisura intergranular, transgranular o mixto, y la proporción de granos [agregados gruesos] que han sido atravesados o rodeados. Habrá que especificar también si se trata de una fisura sucia o limpia.

La aparición, se trata de un factor determinante a la hora de establecer las causas y mecanismos de deterioro y el tipo de lesión. Será necesario definir en cuál de las etapas descritas con anterioridad se ha producido la fisura, y si fuera posible se debería especificar día y hora de la primera aparición.

La evolución, para determinar la gravedad y poder realizar un pronóstico sobre el alcance que puede tener la lesión, será necesario establecer si se trata de una fisura de tipo activo o pasivo, así como determinar la rapidez en su evolución y sus variaciones en ancho y en su longitud.

La ubicación, el estudio del tipo de elemento en el que aparece, la orientación del mismo y la comparación de este con elementos análogos puede ser determinante a la hora de establecer el origen de la lesión que ayudará a determinar su futura reparación.

El origen, la determinación de las causas será necesario para establecer algunas de las características anteriores como su evolución, aunque también se podrá proceder a la inversa y tras un estudio de las características citadas determinar el origen del agente causante de la lesión (ambiente exterior, corrosión, mecánico, físico o químico).

Los riesgos derivados de la fisuración en envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente radican básicamente en tres puntos: la corrosión del acero de refuerzo, por la entrada de agentes agresivos por medio de dichas fisuras; el riesgo estético y reducción de la calidad y durabilidad, para esto se presenta en la Figura N°38 los anchos de las fisuras aceptables desde el punto de vista estético; y el riesgo psicológico, que afecta la calidad de vida. *Las personas somos capaces de reconocer fisuras de décimas de milímetros.*⁸⁶

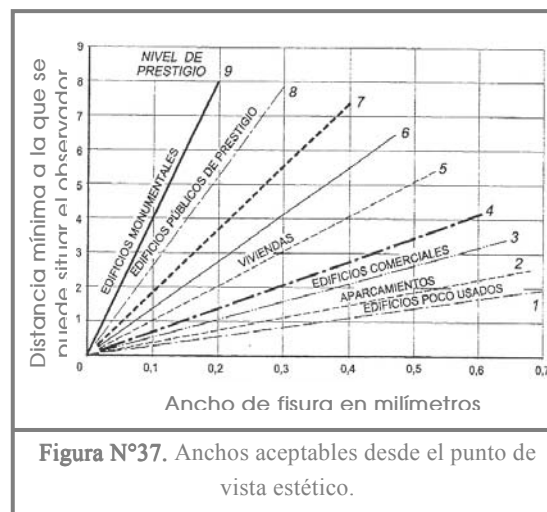


Figura N°37. Anchos aceptables desde el punto de vista estético.

La mayoría de las fisuras superficiales que presentan las envolventes arquitectónicas son en forma vertical, y se deben principalmente a las restricciones que impone la contracción por secado y/o los esfuerzos por temperatura de dichos elementos constructivos. Además de que la mezcla tenga una alta relación de agua/cemento, como también una mayor cantidad de cemento que la requerida, por lo tanto, un alto calor de hidratación provocando fisuras en la superficie externa. Las cimbras tienen un rol importante en las fisuras ya que la absorción de estas generará cambios de volúmenes irregulares.

IV.5.2. Burbujas.

Pequeñas cavidades hemisféricas aisladas o poros creados a partir de la acumulación de burbujas de aire y de agua atrapadas entre la cara de la cimbra y el concreto, se producen durante la colocación y la compactación. Usualmente su diámetro fluctúa entre invisibles a 25 milímetros, y por lo general no superan los 15 milímetros en promedio la gran mayoría, si fuese mayor el diámetro de dichas cavidades se expondría el agregado grueso, provocando un segundo defecto.

Son frecuentes en mezclas con poca trabajabilidad y con exceso de agregados finos. Además, el uso de vibradores con demasiada amplitud tiene también su aporte en la generación de estas cavidades, asimismo la falta de inserción de estos o en su mala ejecución.

⁸⁶ PADILLA, J.D. y ROBLES, F. *Human Response to Cracking in Concrete Slabs*. ACI. S.P. 30. American Concrete Institute. Detroit. 1971.

El uso cada vez mayor del concreto aparente ha catapultado las medidas necesarias para mejorar la calidad en la apariencia de las superficies con exposiciones importantes, uno de los defectos que afectan la estética de las superficies de manera trascendente son los huecos o como también los llamamos burbujas. Estos corresponden como mencionamos a huecos de superficie que resultan de la migración del aire atrapado (y del agua, en menor medida) a la interfaz del concreto en estado fresco. Manifestándose principalmente en las envolventes arquitectónicas.



Figura N°38. Burbujas que conforman un defecto superficial que debemos atender y superar para la calidad de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

El agua tiende a migrar hacia arriba debido a una diferencia de densidad y se convierten en agua de sangrado. En cambio las burbujas de aire, buscan la ruta más cercana para llegar a un equilibrio de presiones. Cuando, en nuestro caso [envolventes arquitectónicas] la distancia más cercana para la migración de las burbujas de aire es la superficie interior, entonces se da origen a este defecto superficial, apareciendo estas cavidades en la cara exterior, son catalogadas como defectos superficiales porque su dimensión permite que los trabajos de resane se puedan ejecutar simplemente rellenando los vacíos con lechada sin ningún trabajo previo de agrandamiento o preparación de los orificios y además no se afecta sensiblemente al recubrimiento del elemento constructivo.

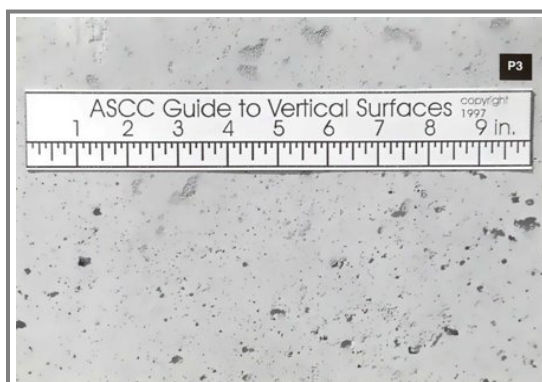


Figura N°39. Medición de las burbujas en envolventes de concreto aparente.

Desde el punto de vista de la extensión aceptable del área afectada por burbujas, se considera un 3% como valor máximo, este límite representa en el peor de los casos un resane del 30% del área del muro, que corresponde a un límite máximo tolerable considerando la inversión en tiempo y costo de los resanes.

IV.5.3. Exposición del Agregado Grueso, Cacarizos u Hormiguero.

Exposición de los agregados gruesos y vacíos o huecos irregulares en la superficie de concreto armado aparente, por su forma y las traducciones de la literatura especializada también se conoce como panal de abeja u hormigueros, en este defecto superficial el mortero presente en la mezcla no logra cubrir todos los espacios alrededor de los agregados gruesos, dejando una textura rugosa en la superficie.



Figura N°40. Exposición del agregado grueso en las superficies de concreto aparente, defecto importante de considerar y reparar.

Las causas de este defecto superficial se atribuyen por un lado a los materiales constituyentes, además de sus dosificaciones o el diseño de la mezcla. Al exceso de agregados gruesos o la mala calidad de estos. Por otro lado, una trabajabilidad o manejabilidad muy baja, también influye en su aparición provocando una segregación y por lo tanto que la mezcla no logre llegar a ciertos lugares, necesitando de ciertos estudios para la incorporación de aditivos reductores de agua y/o modificadores de viscosidad, esto probablemente encarecería la ejecución de la obra a corto plazo, pero los costos en todos los capitales a largo plazo se reducirían, que es lo que se busca en esta investigación prolongar la vida útil de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, su prevención y mantenimiento.

El diseño de los elementos constructivos es otra causante de este defecto, ya que si el espesor de dicho elemento es muy reducido o la cantidad de acero de refuerzo congestiona el elemento tanto que la mezcla no fluye, el resultado serán espacios vacíos irregularmente distribuidos y por lo tanto una mala calidad y apariencia en el resultado final.

El diseño y colocación de las cimbras interviene igualmente, porque si esta no logra tener una de sus características principales que es la de ser estancas, provocarán una fuga de la mezcla y por conclusión una exposición del agregado grueso. Las técnicas constructivas como la colocación y la vibración también tendrían su aportación en este defecto si son inadecuadas. Por otro lado la vibración puede ayudar a superar la fluidez del concreto y por lo tanto incorporarse de manera efectiva a todos los rincones de la superficie.

IV.5.4. Variación del Color y Manchas.

Vetas de color presentes en la superficie del concreto. Pueden presentarse debido a deficiencias en la mezcla o manifestarse en forma de manchas, humedad, ensuciamiento, oxidación, eflorescencias o contaminación. Sus causas son variadas pudiendo ser: diferentes partidas de cemento o cambio de marca, tipo o cantidad, modificación de la fuente de abastecimiento de los agregados finos y gruesos, como también la variación en la mezcla durante el proceso de ejecución del proyecto arquitectónico.

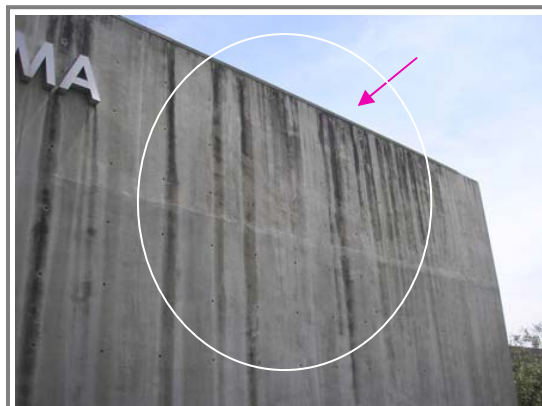


Figura N°41. Contaminación presente en esta envolvente por efecto del escurrimiento del agua de lluvia.

Este defecto también se atribuye a la presencia de impurezas en los materiales constituyentes o en las cimbras, y en estas últimas influirán además, el que se disponga de diferentes tipos de ellas, me refiero a utilizar diversos materiales con absorciones distintas, como también, el manejo de un desmoldante inadecuado o cambios de este durante la ejecución de la obra, consideremos que este defecto se evaluará como la escasa homogeneidad en el total de la obra arquitectónica.

El intemperismo también puede ocasionar variaciones considerables en el color de la superficie, por esto debemos de realizar una interpretación eficiente del entorno circundante para proteger el elemento mientras este no ha adquirido sus propiedades finales, además, agregar que el depósito de polvo y la adherencia de cultivos biológicos generan un cambio de color en la superficies transformándose en un defecto muy significativo porque reducen la calidad, la apariencia y la durabilidad en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.



Figura N°42. Manchas en las superficies que demuestran algún trabajo efectuado en forma incorrecta.

La mala ejecución en la reparación de algún defecto, ocasiona cambios en los tonos, cuando se lleva a cabo de manera incorrecta, ya que una reparación efectiva no es un parche, sino que debe perderse en el total de la superficie, por lo tanto, se deben estudiar los componentes para lograr la homogeneidad en dicha superficie a reparar. Y por otro lado la mala ejecución del vibrado en el proceso constructivo, se ha experimentado que genera cambios de color ya que si este vibrado se efectúa muy cerca de las cimbras las daña perjudicando el acabado final del elemento constructivo.

IV.5.5. Transparencia del Agregado Grueso.

Apariencia moteada en la superficie, originada por deficiencias en el mortero, donde el agregado se encuentra cubierto por una delgada película de lechada, a veces oscura, que puede en ocasiones hasta permitir ver a dicho agregado a través de ella. Puede ocurrir cuando las mezclas de concreto tienen un escaso contenido de agregado fino, resultando mezclas muy secas y de una difícil trabajabilidad, como también si los agregados son muy porosos. Otra causante directa de este defecto superficial es un curado que se efectúe bajo condiciones y en un ambiente sin las condiciones apropiadas, o que el tiempo no es el que necesita el elemento constructivo para adquirir sus propiedades finales.

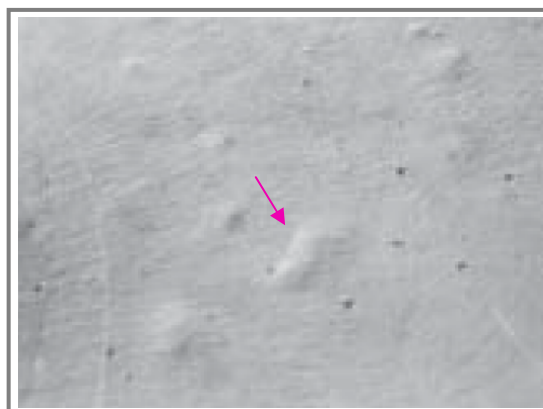


Figura N°43. Transparencia del agregado grueso, lo que significa una mala calidad en el mortero que no alcanza a cubrir dichos agregados.

IV.5.6. Fuga de Lechada.

Este defecto se atribuye principalmente a una mezcla deficiente, con exceso de agua, la cual provoca que fácilmente se genere una segregación provocando la separación de los elementos constituyentes. Por un lado la pasta escurrirá por los espacios que no sean totalmente herméticos de la cimbra y por otro lado se generará posiblemente otro defecto que registramos anteriormente como los cacarizos. Es aquí donde se manifiesta el defecto como una mancha blancuzca en forma de reguero de agua que se presenta en el concreto por el exceso de agua en la lechada como mencionamos anteriormente.

Como también este defecto se hace visible cuando en la superficie del concreto armado aparente los agregados finos se ven en tonos claros y los agregados gruesos en color oscuro, las causas posibles de este manifiesto son que la cimbra no es lo suficientemente estanca que deja espacios libres para que se produzca una salida de la pasta y de los agregados finos, por otro lado la vibración excesiva también provoca que la pasta se escape por algún espacio disponible.

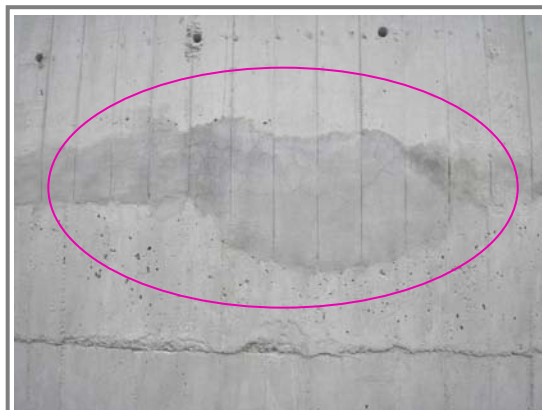


Figura N°44. Mancha en la superficie provocada por fuga de lechada.

IV.5.7. Juntas Frías o Líneas entre Capas.

Líneas horizontales visibles en las superficies de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, que indican la frontera entre los distintos tiempos de colocación del material dentro del propio elemento constructivo, aún en un mismo vaciado se puede presentar este defecto. Se manifiesta en algunos casos como la formación de líneas oscuras en las superficies que indican el límite entre las diferentes mezclas o hasta donde llegó la colocación anterior, y por lo tanto la unión entre las capas será un manifiesto que afectará la apariencia y en algunos casos la reducción de la durabilidad y calidad de la envolvente arquitectónica.

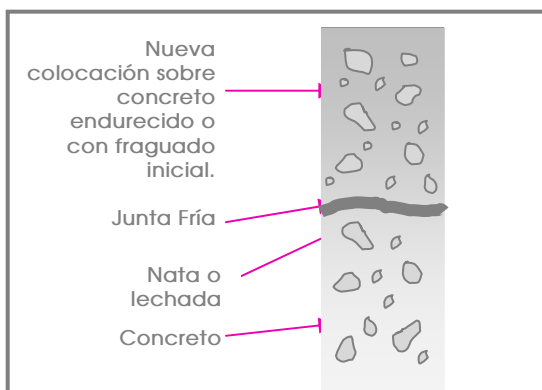


Figura N°45. Imagen esquemática del defecto denominado junta fría.

Detalladamente nos referimos a lugares discontinuos dentro de un mismo elemento constructivo, donde el concreto no pudo adherirse firmemente a sí mismo. Las juntas frías se pueden formar entre colocaciones planeadas y dentro de una misma colocación. Algunos procedimientos de colocación en la



Figura N°46. Instalaciones de Moldajes de una envolvente arquitectónica.

construcción requieren de múltiples coladas. Una presa es un buen ejemplo de esto, lo mismo que los muros altos. Para lograr la adherencia y la impermeabilidad apropiada, las superficies del concreto endurecido deben estar limpias, libres de grasa, polvo, partes sueltas o residuos de lechada. A veces no se siguen los procedimientos de colado y limpieza apropiados o son muy difíciles de lograr. El resultado es una débil conexión entre colados que puede dar como resultado debilidad o fugas en un momento posterior. El otro tipo de junta fría puede ocurrir dentro de un colado planeado, si una parte del concreto en un colado fragua, y después sobre estas se coloca el resto del concreto. Durante el fraguado se forman natas, originando un plano debilitado. Entonces puede ocurrir una fuga cuando la estructura es puesta en servicio o conformar un área de penetración de agentes promotores de la corrosión del acero de refuerzo.

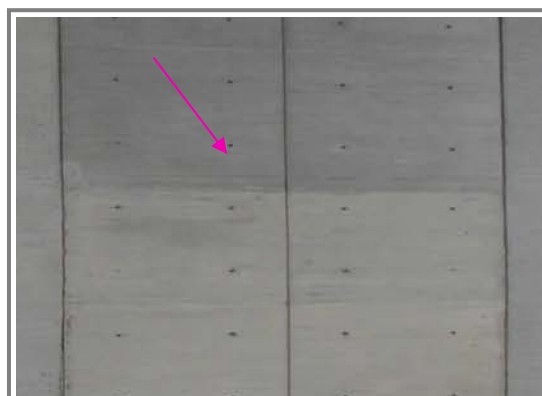


Figura N°47. Manchas que evidencian una junta fría, ya sea por una colocación y compactación ineficiente o una escasa planeación del proceso constructivo.

Estas diferentes capas separadas por líneas causadas por la rigidez prematura o la insuficiente consolidación de la capa anterior del concreto debido a la falta en la penetración del vibrador, o el uso de un mortero de unión entre las capas contiguas. Se pueden evitar con la planeación eficiente de la obra en todo su proceso constructivo, con un eficaz equipo de seguridad que mantenga al tanto al personal de los tiempos requeridos para las diferentes colocaciones, como también el conocimiento en profundidad de los tiempos requeridos en los tres estados por los cuales pasa el material, para mantener el concreto suficientemente plástico evitando este defecto superficial, podríamos prevenirlo además con el uso de aditivos retardadores de fraguado y con la correcta vibración y el manejo de los tiempos eficaz y eficientemente.

IV.5.8. Rebaba.

Proyección delgada y lineal de concreto que se presenta entre los espacios y uniones de las cimbras cuando parte del mortero presente en la mezcla logra pasar a través de éstas, adhiriéndose la mezcla que escapo al elemento constructivo, provocando una malformación o una prominencia lineal en la superficie exterior.

Causados generalmente por la insuficiente rigidez o el ineficiente anclaje de las cimbras y puede ser agravado este defecto superficial por una mala ejecución en la colocación del material o mediante la mala utilización del vibrador o demasiado tiempo en su uso.

IV.5.9. Desalineamientos.

Cambio abrupto en la alineación o las dimensiones de los elementos de concreto a causa del desplazamiento de una cimbra con respecto a la adyacente. Las cimbras tienen que poseer buena resistencia y rigidez para resistir los efectos y presiones del concreto sin deformaciones ni asentamientos estructurales.

Por otra parte, las cimbras han de ser suficientemente estancas para impedir pérdidas de lechada [defecto anterior]. Produciéndose: deformaciones por incorrecta alineación de la cimbra, falta de verticalidad o plomo de las cimbras en los soportes, deformación de la cimbra bajo la carga del concreto fresco, debido a su falta de rigidez, etc. Además se debe mencionar que la ejecución también influye en gran medida en este defecto superficial ya que la falta de vigilancia en la limpieza o el empleo de cimbras sucias o con restos de mortero y/o pasta de usos anteriores, como también el comprobar la apropiada y buena ejecución de los registros ayudaría a minimizar o eliminar dicho defecto importante en la apariencia y calidad de la envolvente arquitectónica.

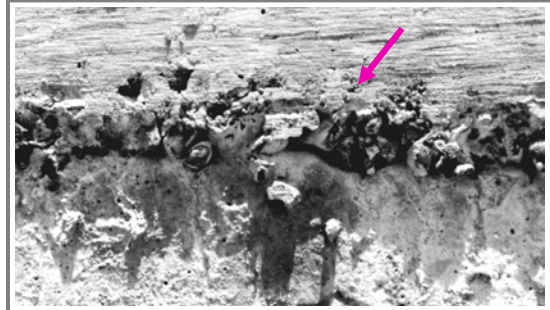


Figura N°48. Rebaba que supera los límites que posteriormente examinaremos.

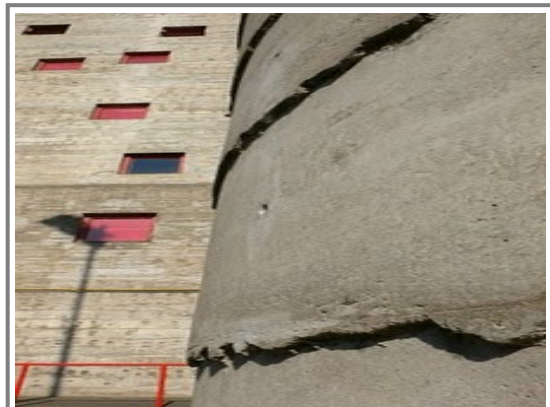


Figura N°49. Desalineamiento considerable que perjudica el diseño original de la envolvente y su durabilidad.

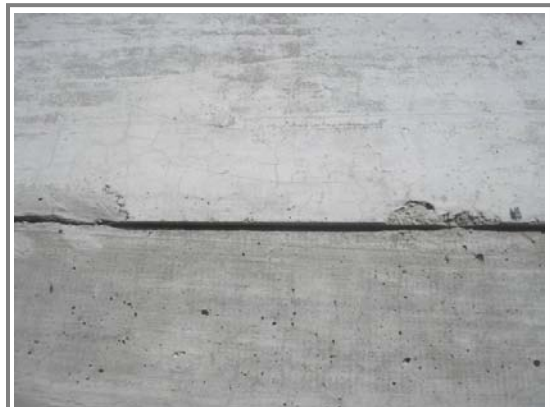


Figura N°50. Desalineamiento importante que afecta su aspecto, apariencia, calidad y durabilidad de la envolvente arquitectónica.

IV.5.10. Descascamientos.

Eliminación accidental de la superficie exterior o interior del concreto armado aparente, provocada por la adherencia del concreto a la cimbra.

Específicamente hablamos de irregularidades y desprendimientos pequeños derivados de la excesiva adherencia del concreto con la cimbra por la aplicación deficiente del producto desmoldante o descimbrante. También se ocasiona por el inicio prematuro del acabado o terminado del concreto o en el empleo de herramientas inadecuadas. Se manifiesta a través de una superficie irregular, pedazos de cimbra incrustados y adheridos al concreto; oquedades y presencia de concreto desprendido. Cuando la superficie endurecida de concreto se descama hasta una profundidad aproximada de 1.5 a 4.0 milímetros, se habla de descascamiento. Se deben evitar materiales o prácticas constructivas que puedan provocar estos procesos de desintegración, utilizando una resistencia mínima del concreto de por lo menos 350 kg/cm², en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

Por otro lado, ocurre este defecto superficial por la temperatura de congelación, si el concreto no ha obtenido la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos de las heladas se provoca que el material que se congela se desintegra, cayéndose la primera capa de recubrimiento, afectando la apariencia, calidad y durabilidad de la superficie exterior. Esto dependerá en gran medida de la densidad y porosidad del mortero endurecido en la superficie. Entre más porosa y saturada esté la superficie, menos ciclos resistirá.

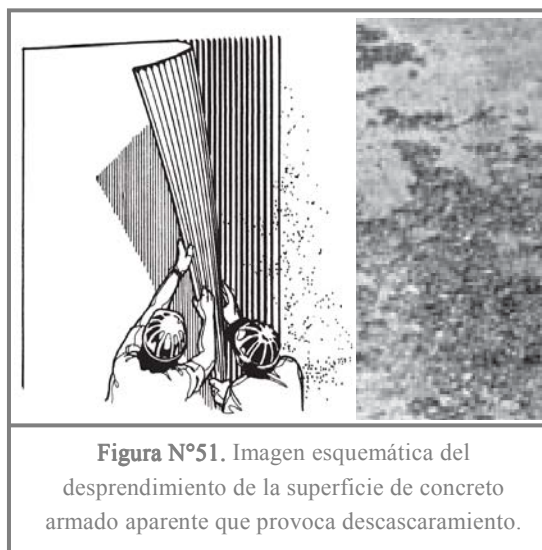


Figura N°51. Imagen esquemática del desprendimiento de la superficie de concreto armado aparente que provoca descascamiento.

IV.5.11. Irregularidad Dejada por los Tensores.

Irregularidad en la zona alrededor de los tensores usados para unir los distintos módulos de las cimbras. Los defectos sobre estas áreas son los mismos ya definidos como burbujas y exposición del agregado grueso; sin embargo, ya que se presentan en un lugar tan específico, se consideran un defecto independiente.

Se manifiesta este defecto como áreas de exposición de los agregados finos y gruesos, además de la falta de mortero para cubrirlos, generalmente está asociado a zonas oscuras adyacentes a la superficie de fuga de estas articulaciones o agujeros generados por las uniones de las caras de las cimbras, habitualmente causadas por movimientos horizontales, exceso de agua en la mezcla, caída libre de esta a gran altura, mala colocación del material y exceso de vibrado.

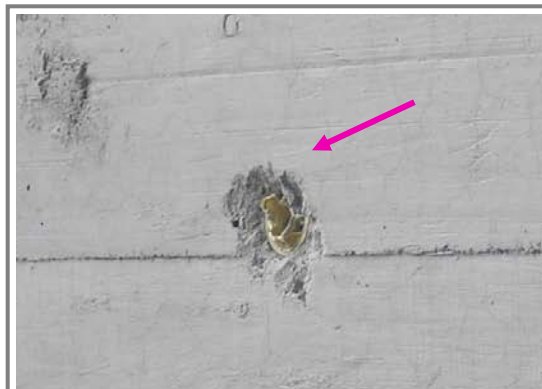


Figura N°52. Irregularidad dejada por los tensores.

El tratamiento de los agujeros de los aceros de refuerzo es especialmente importante en la apariencia general del concreto armado aparente, ya que estos se utilizan la mayoría de las veces como parte del diseño general de la envolvente arquitectónica, pudiendo proporcionar infinitas posibilidades de órdenes y formas que le da personalidad y particularidad a cada edificación.



Figura N°53. Imagen que ilustra una eficiencia en la regularidad de los tensores que forman parte del acabado de las superficies del material aparente.

Por lo tanto corresponde considerarlo como defecto cuando no estén especificadas y detalladas sus ubicaciones y formas en el total de la obra para llevar a cabo las cimbras tal y como se especifican y detallan en los planos arquitectónicos, ya que una situación o ubicación errónea perjudicaría la apariencia y calidad de la superficie exterior.

IV.5.12. Líneas de Acumulación de Agregados Finos.

Veteados o espacios estriados en la superficie del concreto armado aparente donde el agregado fino queda expuesto debido a la exudación o sangrado extremo a través de la cimbra. Son resultado de un sangrado excesivo y la pérdida de agua que lava la superficie exponiendo el agregado fino, debido a que el agua es el componente más ligero en la mezcla del concreto, por lo tanto, el sangrado es una forma de segregación, porque los sólidos en suspensión tienden a moverse por la fuerza de gravedad. Este se da por la incapacidad de los materiales constitutivos

de retener toda el agua de mezclado en un estado de dispersión. Debilitando así, una de las funciones principales de los agregados que es crear en el concreto un esqueleto rígido y estable, lo que se logra uniéndolos con cemento y agua.

La función de la pasta cuando el concreto está fresco es la de lubricar las partículas de los agregados otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla, por lo tanto si esta se pierde perjudica todo el desarrollo de las demás propiedades del material. Este defecto de la superficie aparente es muy difícil de reparar, pero fácilmente se pueden prevenir mediante la corrección de la causa.

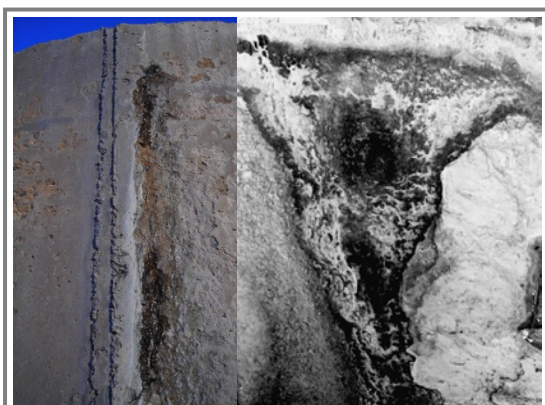


Figura N°54. Acumulación de finos, que perjudica el aspecto, la calidad y durabilidad de las superficies.

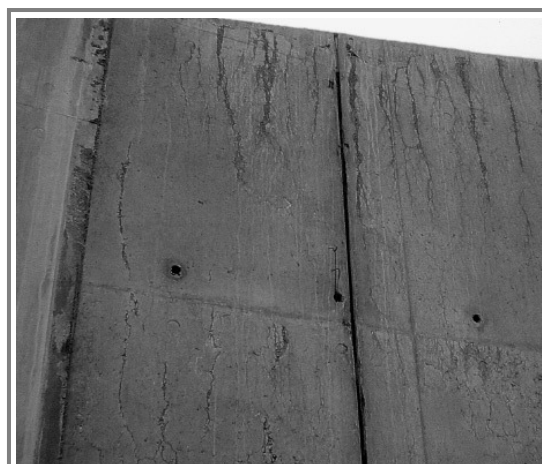


Figura N°55. Imagen de acumulación de finos.

IV.5.13. Defecto de Modulación.

Este defecto se presenta cuando la distribución de las cimbras no siguen un patrón estándar o uniforme, entendido como un orden en el contexto de la envolvente arquitectónica, no quiere decir un acabado modelo para todos los proyectos que incluyan este material aparente. Siendo un defecto superficial trascendente porque se ve muy comprometida la apariencia, calidad y durabilidad de las envolventes arquitectónicas, además deteriora el entorno de la edificación y perjudica la vida del ser humano, acostumbrándolo a una imagen deficiente y provocando en él una escasa preocupación por el mantenimiento necesario a dicha envolvente. Si somos según Perret: los arquitectos poetas que pensamos y hablamos en construcción, este defecto no debería ocurrir, porque estaríamos siendo profesionistas que pensamos y hablamos con grandes defectos que perjudican nuestro entorno y desaprovechamos al mismo tiempo lo que este material nos permite.

El diseñador debe tener un conocimiento práctico del proceso de colocación del concreto, comunicándose durante todas las fases del proceso constructivo. Ya que el reconocimiento temprano de las áreas problemáticas nos proporciona medidas correctivas a tiempo, tales como modificar el espaciamiento de los estribos o aumentar el tamaño de la sección o tal vez la ubicación de las juntas, todo en concordancia con el diseño originario de la obra arquitectónica.



Figura N°56. Imagen que evidencia que es posible el diseño y ejecución de una modulación eficiente en nuestros resultados arquitectónicos.

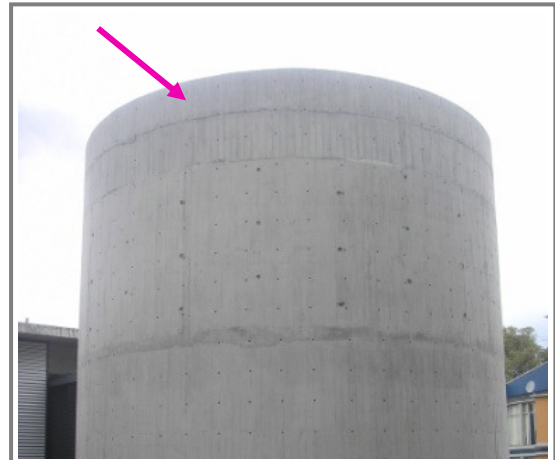


Figura N°57. Defecto importante de modulación que evidencia problemas en la planeación y ejecución de la obra arquitectónica.

IV.5.14. Exposición y Corrosión del Acero de Refuerzo.

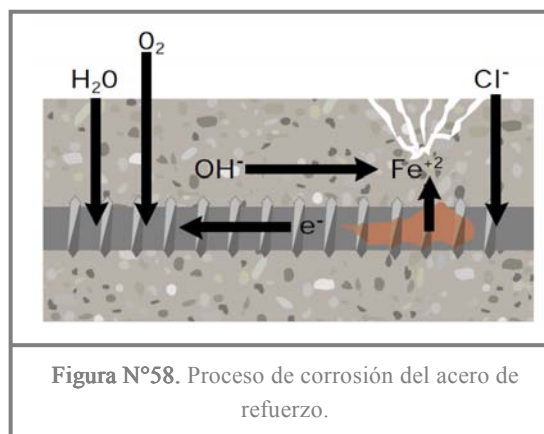
El concreto, suele ser un material muy durable, sin embargo el concreto armado presenta problemas al interactuar el medio ambiente con las barras de acero que lo conforman, este problema es la principal causa de la reducción de la vida útil o servicio de nuestras estructuras de concreto armado, causa denominada exposición y corrosión del acero de refuerzo, desarrollándose necesariamente bajo condiciones de humedad, temperatura y presencia de oxígeno y cloruros.

Debido a la reacción electroquímica entre el dióxido de carbono y los compuestos hidratados del cemento, se reduce el pH de la solución del poro del concreto; una vez que el pH se encuentra por debajo de 9, el acero embebido pierde su estado pasivo y empieza su proceso de corrosión, que con el transcurrir del tiempo ocasionará deterioros del concreto, como también la entrada de cloruros, oxígeno y agua que rompen la protección pasiva que se encuentra

naturalmente protegiendo al acero de refuerzo, provocando el mismo proceso de corrosión descrito anteriormente.

La terminología de las normas internacionales ASTM define la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades”.

La protección natural contra la corrosión del acero de refuerzo es la alcalinidad del cemento, además de un buen concreto, compacto e impermeable y un recubrimiento necesario, cumpliendo probablemente estos puntos antes mencionados las armaduras en años no presentarán ningún tipo de corrosión, presentaremos en este caso que además de las medidas antes mencionadas es necesario actualmente en nuestras ciudades proteger las superficies de concreto aparente, generando un mecanismo contra la corrosión del acero de refuerzo.



IV.5.15. Otros.

Definiremos como otros a tres defectos superficiales que en un recorrido muy leve se aprecian y es necesario detectar sus causas y atenderlos para provocar una preocupación ante la presencia de estos y una prevención adecuada. Estos son: Deterioro por goteras, suciedad y desgastes inusitados, estos últimos por causas que están fuera del alcance del proceso constructivo.

IV.6. Tolerancias de Defectos Superficiales.

Se han propuesto valores admisibles para la calidad de la superficie en términos cuantitativos, pero su aplicación debe basarse en el criterio de evaluación global, a manera de apreciar la uniformidad del conjunto. Las tolerancias recomendadas para los diversos tipos de superficies de concretos aparentes [A: Especiales; B: Cuidadas; C: Ordinarias; D: Rugosas], se refieren a las variaciones permisibles en la superficie y el color. Generalmente su calificación requiere, además de la observación visual, una amplia documentación fotográfica.

| DEFECTO | TOLERANCIA | REFERENCIA |
|------------------------------------|---|------------|
| (1) Fisuras | Exposición a aire seco; ancho < 0,4 milímetros | ACI 224 |
| | Exposición a aire húmedo; ancho < 0,3 milímetros | |
| (2) Burbujas | Diámetro menor a 10 milímetros y Tipo A: S<15 cm ² Tipo B: S<20 cm ² Tipo C: S<25 cm ² Tipo D: N/A | CIB |
| (3) Exposición del Agregado Grueso | No es permitido | ASCC |
| (4) Variación de Color | No apreciable a los 5 metros | ASCC |
| (5) Transparencia del Agregado | Tipo A: S<15 cm ² Tipo B: S<20 cm ² Tipo C: S<25 cm ² Tipo D: N/A | CIB |
| (6) Líneas de Acumulación de Finos | No apreciable a los 5 metros | ASCC |
| (7) Líneas entre Capas | No apreciable a los 5 metros | ASCC |
| (8) Fuga de Lechada | No apreciable a los 5 metros | ASCC |

| DEFECTO | TOLERANCIA | REFERENCIA |
|--|---|---|
| (9) Rebaba (d=proyección) | Tipo A: d<3 milímetros Tipo B: d<6 milímetros Tipo C: d<10 milímetros Tipo D: N/A | CIB |
| (10) Desalineamientos (d=proyección) | Tipo A: d<3 milímetros Tipo B: d<6 milímetros Tipo C: d<10 milímetros Tipo D: N/A | CIB |
| (11) Descascaramientos | Tipo A: S<15 cm ² Tipo B: S<20 cm ² Tipo C: S<25 cm ² Tipo D: N/A | CIB |
| (12) Irregularidad Dejada por los Tensores | No apreciable a los 5 metros | ASCC |
| (13) Defecto de Modulación | No apreciable a los 5 metros | Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia) |
| (14) Exposición y Corrosión del Acero de Refuerzo | No es permitido | Autora |
| (15) Deterioro por Goteras | No apreciable a los 5 metros | Autora |
| (16) Suciedad | No apreciable a los 5 metros | Autora |
| (17) Desgastes inusitados | No apreciable a los 5 metros | Autora |

Tabla N°12. Tolerancias que se aceptan dependiendo la categoría de la superficie de concreto armado aparente de los defectos superficiales estudiados.

5 CAPÍTULO

5 CAPÍTULO / ESTUDIO E INSPECCIÓN VISUAL. CINCO CASOS.

Para determinar el nivel del alcance de este informe patológico preliminar,⁸⁷ como también el nivel de detalle en la indagación sobre las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, debemos entender que la presente investigación en particular se fundará e iniciará su estudio experimental de campo con inspecciones visuales, para esclarecer las causas de los defectos superficiales presentes en ellas, en base al estudio clínico referido en el capítulo anterior, para así poder evaluar y analizar [diagnóstico] las envolventes arquitectónicas, generando un pronóstico de acuerdo al comportamiento proyectado y finalmente buscar la terapia apropiada, asimismo, como alternativa terapéutica ser capaces de prevenir dichos defectos superficiales.

Como el objetivo principal de la investigación o informe preliminar es determinar la naturaleza y extensión de los problemas observados, es indispensable hacer un recorrido general por las instalaciones del o de los edificios a analizar, como un antecedente previo o primer acercamiento para posteriormente hacer un registro de los defectos superficiales lo más completo posible de cada envolvente arquitectónica analizada.

Existiendo alternativas posteriores de investigaciones más intensas con pruebas de laboratorio y la necesidad de equipos multidisciplinarios especializados en diversas temáticas. Lo que no es de menor importancia ni relevancia para el campo de la arquitectura y construcción, ya que con la entrega de un informe preliminar de inspección visual de esta envergadura, podemos estimar si es necesario estudios más profundos sobre la envolvente, como también, estimar que no se justifican gastos en terapias porque los defectos y fallos son tan sobresalientes, que el pronóstico será pesimista.

Llevar a cabo una terapia sin determinar la causa que da origen a la necesidad de dicha terapia, nos obliga a observar lo que ocurre a nuestro alrededor ya que sin una inspección efectiva de la envolvente arquitectónica se aplicará tratamiento sobre tratamiento, como suele suceder en la gran mayoría de nuestras ciudades, en las que se repara sobre una reparación, sin un análisis previo de las causas que ocasionan los defectos superficiales o la prevención que podemos implementar anticipándonos a estos.

⁸⁷ Esta busca acopiar información inicial acerca de las condiciones de una estructura, el tipo y seriedad de los problemas que la afectan, la factibilidad de llevar a cabo una rehabilitación, y la información necesaria para una posible investigación detallada. Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, *Durabilidad y Patología del Concreto*. Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto. Colombia, 2006.

Es indispensable la determinación de la causa que ocasiona algún defecto mediante la inspección en la condición de la envolvente arquitectónica y desarrollar un análisis del pronóstico antes de implementar una estrategia de terapia. Frecuentemente estos pasos adicionales son vistos como costosos y que consumen mucho tiempo cuando el objetivo es solo económico, como la intención es promover una construcción sostenible la que incluye otros capitales igual de importantes que el económico, como son el social y humano y el medioambiental, entonces sí afirmamos que es indispensable realizar un estudio integral para optimizar nuestros resultados y aprovechar los materiales que hacen patente la arquitectura.

Los pasos sistemáticos a seguir para realizar este informe visual preliminar y establecer las condiciones de la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente, el tipo y seriedad de los defectos superficiales, comienza con:

1. Reunir los antecedentes del proyecto, apreciar las condiciones de exposición y valorar las condiciones de servicio, apoyados en las causas de los defectos superficiales tratados anteriormente [IV.3], además, establecer que instrumentos se utilizarán para el estudio de campo. Se debe llevar a cabo un reconocimiento de la edificación. La función principal de este reconocimiento es proveer información rápida sobre la magnitud y extensión de los daños.
2. Análisis o evaluación arrojada por la inspección visual y el estudio de campo, toma de muestra y valoración de los defectos superficiales.
3. Informe final donde se expresa la inspección, evaluación y la estrategia de terapia para atender a los defectos superficiales presentes en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. Además de recoger esta información e implementarla en una futura intervención de esta índole para minimizar o eliminar las causas que ocasionaron dichos defectos, así, crece el conocimiento de la tecnología del concreto aparente ya que se repetirá lo recomendable y se evitará lo mejorable.

V.1. Caso de Estudio:**Campus Central de la Ciudad Universitaria de la UNAM.**

Es a comienzos de la segunda mitad del siglo XX, cuando intervienen múltiples personajes de la historia de México para dar inicio a CU, como cotidiana y popularmente se conoce al Campus Central de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, se ubica al sur de la capital del país, con un sinuoso paisaje de piedra volcánica, el que integran a su planteamiento urbano-arquitectónico, los notables arquitectos que se adjudicaron la propuesta y fueron los coordinadores del plan maestro de CU: Mario Pani, Enrique del Moral y Carlos Izo. Es la primera y última vez en la historia de México que se realiza un proyecto de esta envergadura, en la que se planteó un proyecto de conjunto bajo una dirección y coordinación de profesionistas destacados y con una visión muy clara al respecto, y este plan general normaba los proyectos que lo integraban, más de 200 ingenieros y arquitectos interactuaron para dar origen a una de los conjuntos más emblemáticos del México Moderno, y que a partir del año 2007 se encuentra inscrito en el Patrimonio Mundial de la UNESCO.

Las características del lugar influyeron en gran medida en su desarrollo. Aquí podemos recordar a Mies van Der Rohe,⁸⁸ el que nos enseña que cada arquitectura debe expresar su tiempo. Lo particular de este proyecto, que es lo que lo catapultó como un ícono mundial, es el de responder a su tiempo y además recoger y expresar las condiciones culturales, sociales, económicas y físicas de México, ofreciendo una visión propia de cómo adaptar dichos planteamientos.

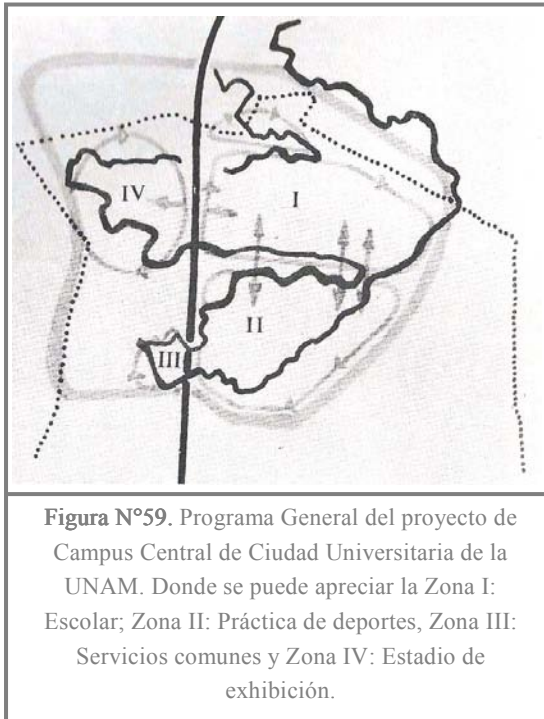
Construida de marzo de 1949 a mayo de 1952,⁸⁹ Ciudad Universitaria de México ejemplifica perfectamente un momento culminante en la vida política y cultural de México, debemos mencionar que el Plano de Conjunto duró prácticamente todo el tiempo de la construcción de la obra realizada durante los años antes mencionados y cada intervención de los demás edificios que lo componían, se realizaba con ajustes o modificaciones bajo un cuidadoso estudio para no desarticular el programa general. *La Ciudad Universitaria es una evocación del hombre moderno, del sitio y de su historia, su creación, es en sí misma la del mexicano moderno como continuación del proceso revolucionario iniciado en 1910.*⁹⁰ Los edificios del Campus muestran claramente la interpretación de los postulados de la arquitectura moderna internacional, racionalista, técnica y objetiva, pero al mismo tiempo de la arquitectura tradicional mexicana.

⁸⁸ PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, 2006. 96 p.

⁸⁹ PANI, Mario y DEL MORAL, Enrique. Documentos, volumen 1, verano 1985. Revista de la Facultad de Arquitectura. UNAM. FA. 1985.

⁹⁰ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO. Campus Central de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://whc.unesco.org/en/list/1250>, consultada junio 2010.

V.1.1. Enfoque Arquitectónico de la Obra.



El Proyecto de Conjunto se basó en los datos principales determinados en el programa general que establecía la división de cuatro zonas fundamentalmente: la zona escolar, de práctica de deportes, del estadio de exhibición y la de servicios comunes, determinadas en gran medida por las características especiales del terreno. Ante esto fue la creación de la unidad física, moral y pedagógica que permitiera una fácil comunicación entre los numerosos y diversos involucrados y así, fue que el 5 de junio de 1950 se colocó formalmente la primera piedra en el conjunto que sería la Torre de los Institutos de la Investigación Científica. La ceremonia fue presidida por el rector Luis Garrido y el secretario de Gobernación, Adolfo

Ruiz Cortines. El gerente de la construcción y la cabeza logística de la misma fue el arquitecto Carlos Lazo, sin él la empresa de construir Ciudad Universitaria, hubiera sido casi imposible. Con motivo de esta ceremonia, Carlos Lazo dirigió estas palabras: “No estamos poniendo una primera piedra en el primer edificio de la Ciudad Universitaria; estamos poniendo una primera piedra en la fervorosa construcción de nuestro México...”⁹¹

La inauguración oficial de la Ciudad Universitaria sería el 20 de noviembre de 1952, aunque el inicio de las actividades en las escuelas fue hasta marzo de 1954. A sesenta años de la creación del Campus Central de la UNAM esta sigue teniendo gran influencia en la vida política, intelectual y cultural con la que nació, y sobre la que no debemos olvidar la responsabilidad de cuidar y proteger esta gran herencia cultural. Por esto el año 2005 se crea una oficina de proyectos encargada de planear, gestionar y coordinar los distintos proyectos que se demanden en la UNAM, para mantenerla vigente acorde a las necesidades y requerimientos de nuestra época. Los principios arquitectónicos del campus central de CU, son: el uso de una geometría pura, plantas libres, fachada exenta, taludes de piedra volcánica, edificios levantados sobre pilotis y la utilización de materiales aparentes entre los que destaca el concreto armado.

⁹¹ Palabras del arquitecto Carlos Lazo, durante la ceremonia de la primera piedra. Fuente: <http://www.unam.mx/patrimonio/porque.html>

V.1.2. Sintomatología y Defectos Generales en el Campus Central de la Ciudad Universitaria de la UNAM.

A partir del amplio espectro de conocimiento antes expuesto, es útil y necesario identificar defectos superficiales que presenten las estructuras de concreto armado en Ciudad Universitaria, con el propósito de generar inquietudes y preocupaciones en cuanto a los temas sobre el mantenimiento, prevención y rehabilitación a dichas obras arquitectónicas de gran relevancia e historia en México y en el mundo. Como un primer acercamiento se realizó un recorrido general por CU, a modo de practicar el reconocimiento de diferentes defectos superficiales y no tanto que pudiéramos identificar, para ir preparando el análisis de la inspección y evaluación que se efectuará a las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente tema medular de la presente investigación.

V.1.2.1. Sintomatologías y Defectos Observados

Cultivos Biológicos



Figura N°60. Manifiesto sintomatológico de presencia de cultivos biológicos, por la biorreceptividad del material.

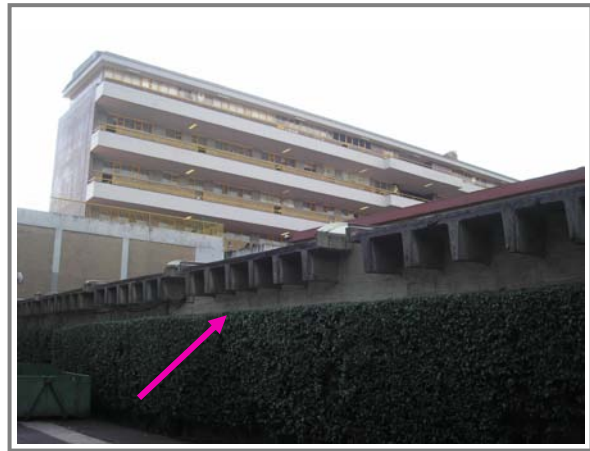


Figura N°61. Imagen general donde se localizo los cultivos biológicos, edificio de la Facultad de Ingeniería.

Además de afectar el confort ambiental y la estética de las construcciones, la presencia de cultivos biológicos producen daños y defectos en la reducción de la seguridad, funcionalidad, hermeticidad, durabilidad y apariencia de las estructuras, ya que la vegetación situada sobre una estructura puede retener agua sobre la superficie del concreto, conduciendo a la saturación del material y por lo tanto a causar defectos importantes como lo son: fisuras y

grietas, variación de color, descascaramientos, exposición del acero de refuerzo, deterioro por goteras, suciedad, desgastes inusitados, además también se produce un cambio abrupto de temperaturas por acción de ciclos de humedecimiento y secado y defectos por congelamiento y deshielo, provocando que se generen fuerzas de expansión que incrementaran cualquiera de los defecto que se presenten varios de ellos reunidos. Esa misma vegetación, si no se actúa con alguna estrategia a tiempo puede ocasionar graves defectos estructurales, en los cuales el compromiso es bastante más serio y pesimista.

Fisuras y Grietas



Figura N°62. Manifesto sintomatológico determinado por la fisuración longitudinal de la estructura.

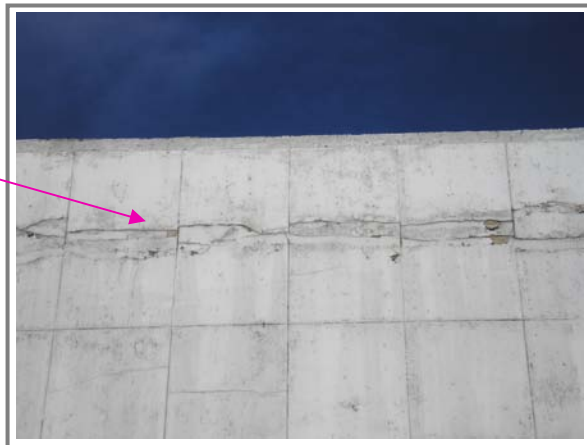


Figura N°63. Imagen ampliada del síntoma presentado en el edificio del MUCA.



Figura N°64. Sintomatología delaminación del concreto, generando desprendimiento del



Figura N°65. Acercamiento de la sintomatología presentada en el edificio Facultad de Arquitectura.

Exposición y Corrosión del Acero de Refuerzo

Figura N°66. Agrietamiento y delaminaciones en superficies de la estructura.



Figura N°67. Ubicación del desprendimiento del concreto en instalaciones de la Facultad de Ingeniería.



Figura N°68. Fenómeno de corrosión del acero de refuerzo



Figura N°69. Corrosión en circulaciones techadas en dirección al Posgrado de Arquitectura.

Como se aprecia en las imágenes este defectos de la exposición y corrosión del acero de refuerzo es impactante, ya que se refleja un deterioro impresionante, producido por escasos mantenimientos, ya que en este caso debemos actuar como una restauración y rehabilitación de los elementos afectados, pensando en promover la prevención de estos, pero cuando ya están presentes no se puede volver atrás solo actuar resanando la superficie y promoviéndola de lo necesario para continuar su vida útil.

V.2. Inspección Visual.

Dentro de la búsqueda de documentos para comprender el cambio que debe ocurrir para entender que nuestras obras arquitectónicas son inversiones a largo plazo, y que si estas no son eficientes ni eficaces su resultado perjudica a toda la sociedad, y actualmente a todo el planeta, es que se desarrolla el siguiente estudio patológico de campo, con el fin de determinar los defectos con mayor frecuencia de aparición en las superficies de concreto armado aparente en el Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM, considerada Patrimonio Cultural de la Humanidad, y en la cual uno de sus lineamientos arquitectónicos es utilizar materiales aparentes, además, que es aquí donde se debiera promover el cuidado y respeto por esta herencia cultural.

Es importante realizar un estudio clínico y poder analizar los defectos superficiales en este momento, finales del año 2010, en que ha pasado suficiente tiempo para poder entenderlos y darnos cuenta que no estamos utilizando apropiadamente nuestros conocimientos, técnicas constructivas y las tecnologías que giran alrededor de la arquitectura y construcción. Pensando en poder optimizar futuras intervenciones que evidencien que podemos establecer una relación entre arquitectura y tecnología a través de hechos, *la tecnología no es sólo un medio útil sino algo con un significado y forma poderosa. La arquitectura por otro lado trasciende, no son formas, depende de su tiempo. Es la cristalización de su estructura interna, el lento desplegar de la forma. El fin último es que una sea la expresión de la otra.*⁹²

*“Es una triste realidad en nuestro país observar casuísticamente diversos inmuebles recientes en los cuales abundan las grietas, deformaciones u otros tipos de defectos cuyo origen es la falta de calidad en la construcción”*⁹³

Para el análisis de los defectos superficiales presentes en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, y con el fin de determinar los defectos con mayor frecuencia y establecer las evaluaciones y su prevención, es que se considero una inspección visual de cinco envolventes arquitectónicas distribuidas en CU, en las que se realizaron mediciones, con el fin de garantizar la uniformidad de la muestra. Se escogió respecto a la Tabla N° 10, la categoría B [Superficies cuya apariencia debe ser muy buena] para evaluar los defectos superficiales que presenten dichas envolventes. Estos cinco casos escogidos tienen usos, exposiciones y formas diferentes pero todas de concreto armado aparente y un sistema constructivo hecho en el sitio.

⁹² PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, 2006. 96 p.

⁹³ COTIER CAVIEDES, Juan Luis. El concreto un material vivo. Quien y Donde. Revista Construcción y Tecnología. Octubre 2006.

Estos cinco casos son: la **Tienda Pumas**; la **Biblioteca y Hemeroteca de la Facultad de Medicina**; la **Facultad de Ingeniería, División de Ingenierías Civil y Geomática**; el **Bicicentro**; y la **Dirección de Teatro y Danza**.

Al momento de reunir los antecedentes del proyecto solo definiremos lo general ya que ahondar en este tema podría generar ciertas confusiones en cuanto a los responsables o juicios de valores arquitectónicos, que no es la intención de la presente investigación, ya que en este tema el propósito es solamente evaluar y juzgar lo visible, si se analiza lo que se ve no se están emitiendo juicios de valores, solo demostrando y analizando lo que todos podemos apreciar, y de lo que tal vez estamos mal acostumbramos, porque la arquitectura permite superar o mejorar cada día nuestros resultados.

La inspección visual se apoyará en el estudio clínico realizado en el capítulo anterior, en el que se definieron y establecieron las tolerancias admisibles de cada uno de estos defectos superficiales, para tener un respaldo de conocimientos y poder desarrollar la evaluación de las envolventes arquitectónicas.

Aludiendo a estos, ya que todos están referidos en la Tabla N°13, hablamos de evaluar la presencia de: Fisuras y grietas, burbujas, exposición del agregado grueso, variación de color y manchas, transparencia del agregado grueso, fuga de lechada, juntas frías, rebaba, desalineamientos, descascaramientos, irregularidad dejada por los tensores, líneas de acumulación de agregados finos, defectos de modulación, exposición y corrosión del acero de refuerzo, deterioro por goteras, suciedad, y desgastes inusitados.

El método empleado para la toma de muestras consistió en hacer una inspección y evaluación de los cinco casos anteriormente indicados, valorándolos a una distancia tal que permita el análisis global y en detalle de cada envolvente, determinando una distancia que

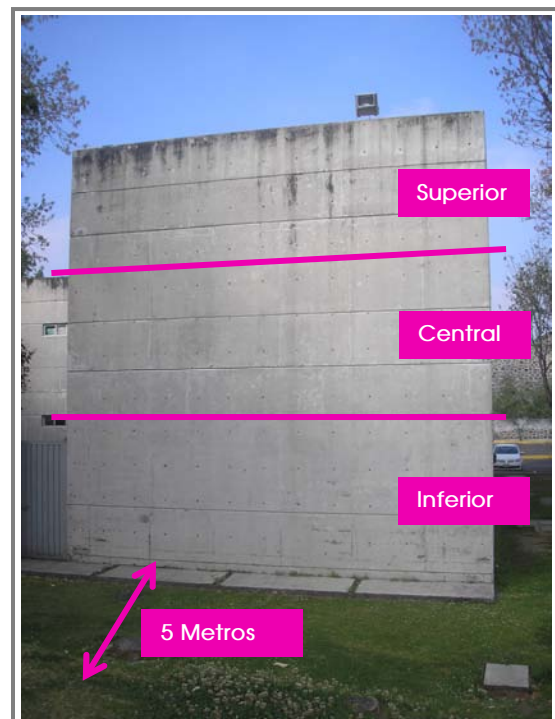


Figura N°70. Método de evaluación, división de la envolvente en tres secciones. Superior, Central e Inferior, con un distanciamiento de 5 metros para apreciar en global y en detalle los defectos superficiales presentes.

recomienda la literatura al respecto, de 5 metros para su correcta apreciación. Además, se dividió en tres secciones cada envolvente: superior, central e inferior, para determinar con mayor exactitud la frecuencia de los defectos superficiales, sus causas y prevención. Para medir la magnitud de los defectos se utilizó regla, flexómetro, calibrador, fisurómetro y cámara fotográfica para esclarecer dudas sobre las tolerancias. Conjuntamente, se dejaron por escrito todas las evaluaciones para facilitar la clasificación de los defectos superficiales encontrados en cada envolvente registrando la fecha de la realización de la evaluación, su uso, la zona o sección del elemento evaluada (superior, central o inferior) y los defectos encontrados.

Como procedimiento sistemático para determinar los defectos superficiales en los elementos constructivos estudiados definido como la *patología superficial en la envolvente arquitectónica de concreto armado aparente*, refiriéndonos a seguir ciertos ordenamientos dentro de un estudio, por esto se desarrollaron unas cédulas o matrices de evaluación que nos ayudarán a determinar la evaluación y prevención de los defectos más recurrentes en CU, considerando esta prevención posible de aplicar a otro lugar con diferentes características, ya que como hemos visto una misma causa la gran mayoría de las veces ocasiona el mismo defecto.

V.2.1. Cédulas de Evaluación.

1. Antecedentes de cada Envolvente. [Cédula N°1]

1.1. Generalidades de cada Envolvente.

- Proyecto: Nombre.
- Ubicación.
- Uso: Destino de la edificación.
- Área de construcción: Superficies en m².
- Fecha de Inspección.
- Año de Construcción.
- Periodo: Años de uso.

1.2. Condiciones de Exposición. Medio Ambiente Circundante.

- Zona: Descripción del medio ambiente que rodea la envolvente.
- Clima.
- Temperatura: Máximas y mínimas de la zona circundante.
- Humedad relativa: Máximas, mínimas de la zona circundante.
- Precipitaciones anuales.

- Velocidad del viento.
- Sustancias agresivas y tipo de contacto con la envolvente.
- Otros que se consideren relevantes de observar y mencionar.

1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción.

- Materiales predominantes.
- Sistema constructivo.
- Sistema estructural.
- Altura de la envolvente.
- Longitud de la envolvente.
- Tipo de cimbras utilizadas.
- Sistema de cubierta.
- Reglamento utilizado.
- Planta arquitectónica.

2. Inspección Visual de cada Envolvente. [Cédula N°2]

- Instrumentos técnicos: Flexómetro, cámaras fotográficas, otros.
- Examinar el exterior de la edificación.
- Inspección visual, para determinar la calidad de la envolvente, irregularidades y otros aspectos preexistentes.
- Sintomatología y defectos superficiales manifestados.
- Ubicación de los defectos superficiales en las tres secciones de la envolvente.
- Mediciones de los manifiestos.
- Fotografías.
- Establecer el porcentaje de defectos con mayor frecuencia en CU.
- Examinar la seguridad de elementos no estructurales.

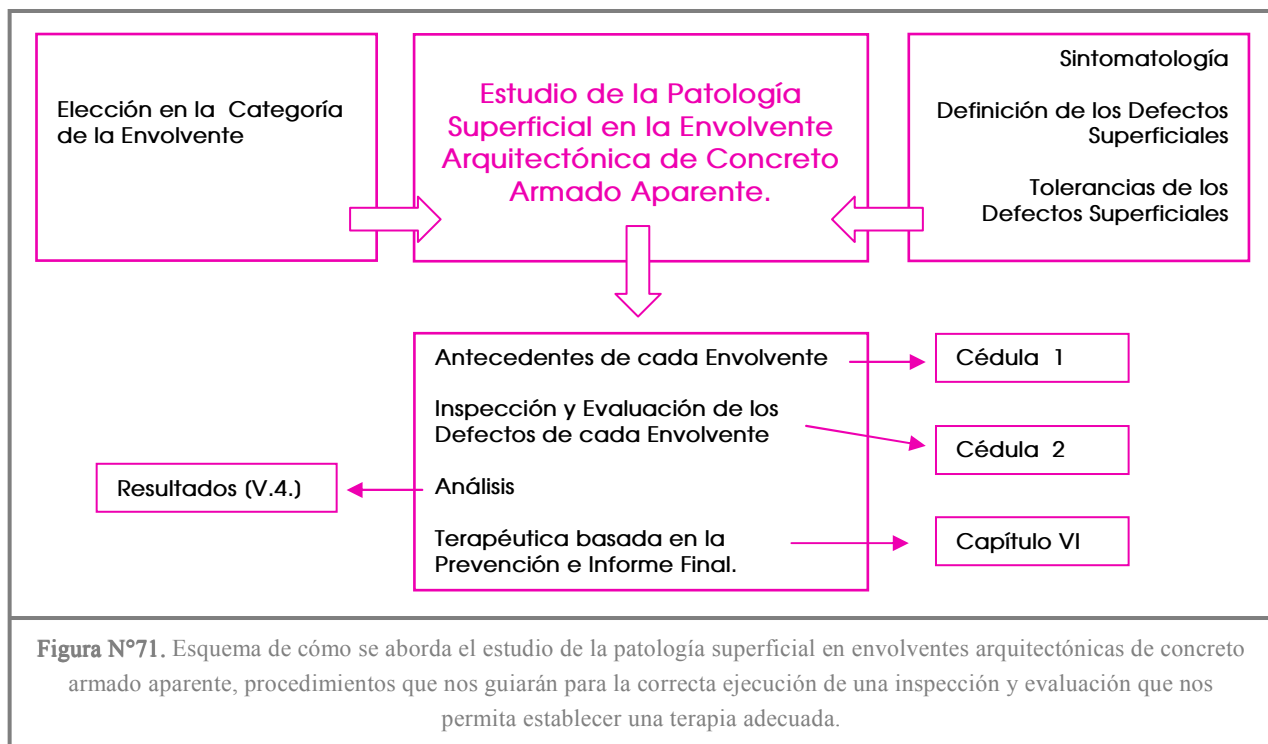
3. Evaluación y Terapéutica Basada en la Prevención e Informe Final.

- Informe final donde se expresa la inspección, evaluación y la estrategia de terapia para atender a los defectos superficiales presentes en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. Además de recoger esta información e implementarla en una futura intervención de esta índole para minimizar o eliminar las causas que ocasionaron dichos defectos, así, crece el conocimiento de la tecnología del concreto aparente.

V.3. Cinco Casos.

Una vez que tenemos seleccionadas las cinco envolventes arquitectónicas a inspeccionar y evaluar los defectos superficiales presentes en ellas, todas corresponderán a la categoría B, por lo tanto, sabemos las tolerancias que estimaremos como aceptables para considerar que se ha afectado su apariencia, calidad y durabilidad de cada envolvente arquitectónica. Recordemos que en el capítulo anterior están definidos y explicados los defectos que se inspeccionarán, para lograr una inspección con mayor exactitud y generar las evaluaciones y terapéutica necesaria y más apropiada.

Recapitulando el procedimiento para el estudio de la patología superficial en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente seleccionadas, como se muestra en el siguiente esquema, se inicia con la determinación de la categoría de la envolvente arquitectónica, apoyados en el conocimiento sobre la sintomatología a observar, además de las definiciones de los defectos superficiales con las tolerancias de estos para su inspección. Ante esto utilizaremos dos tipos de cédulas que incluirán los datos que definimos en el punto anterior, que nos ayudarán en la evaluación. Los datos de clima y medio ambiente circundante de las envolventes evaluadas fueron extraídos del observatorio meteorológico del Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras, es uno de los más importantes de la Ciudad de México, localizado al interior de los campos deportivos de la Ciudad Universitaria.



V.3.1. Inspección Visual 1 Caso.Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica 1 Caso, [Cédula 1]:

| 1.1. Generalidades de la Envolvente | | | |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Proyecto: Tienda Pumas | | | |
| Ubicación: Ciudad Universitaria, México DF. | | | |
| Uso: Salón de trofeos y tienda de artículos | | Fecha de Inspección: Abril 2010 | |
| Categoría de la envolvente: B | | Año de Construcción: Agosto 2006-enero 2007 | |
| Área Total de Construcción: 518 m² | | Período de Uso: 3 años 3 meses | |
| 1.2. Condiciones de Exposición. | | | |
| Zona | | Clima: Templado sub-húmedo | |
| Urbana | <input checked="" type="checkbox"/> | Temperatura zona del proyecto | Humedad relativa zona de proyecto |
| Rural | <input type="checkbox"/> | Máx. 23.6°C Min. 8.5°C | Máx. 70% Min. 38% |
| Marina | <input type="checkbox"/> | Precipitaciones promedio anual | Velocidad Máxima de los vientos |
| Industrial | <input type="checkbox"/> | 853.7 mm | 17.7 km/h |
| Sustancias Agresivas | | | |
| Forma | | Tipo de contacto | |
| Líquida | <input type="checkbox"/> | Inmersión | <input type="checkbox"/> |
| Sólida | <input type="checkbox"/> | Escorrentía | <input type="checkbox"/> |
| Gaseosa | <input checked="" type="checkbox"/> | Vapor | <input type="checkbox"/> |
| | | Otros | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Descripción sustancia | | | |
| La sustancia agresiva que rodea la envolvente es, a través de la exposición a contaminación atmosférica, por la cercanía a los estacionamientos. | | | |
| 1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción. | | | |
| Materiales Predominantes: | | Concreto armado aparente, acero y cristal | |
| Sistema Constructivo: | | Concreto en sitio. | Tipo de cimbra |
| Sistema Estructural: | | Muros y losas de concreto armado | De madera [Duela] |
| Altura Envolvente 5 metros | | Sistema de Cubierta | |
| Longitud Envolvente 30 metros | | Losa de concreto armado | |
| Reglamento utilizado: Reglamento del Distrito Federal | | | |

Vista de Ubicación, Planta e Imágenes de la Envolvente Arquitectónica, 1 Caso.

U
B
I
C
A
C
I
Ó
N
·
P
L
A
N
T
A
·
I
M
Á
G
E
N

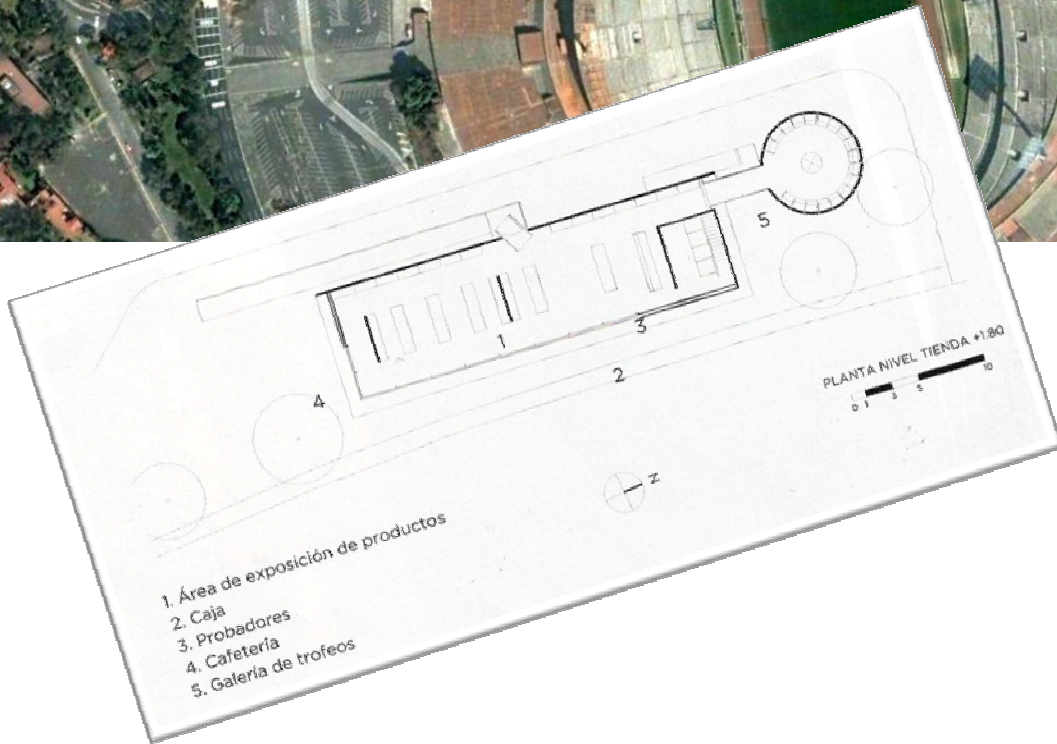


Figura N°s.72, 73, 74. Fotografías de la envolvente N°1, mantiene los principios mencionados anteriormente de Ciudad Universitaria, preside de ornamentación, materiales aparentes, formas puras.

Sintomatología de la Envolvente Arquitectónica 1 Caso, [Cédula 2]:

| 2.1. Inspección Visual | | | | | |
|---|---|-----------|----------|---|-----------|
| Instrumentos a utilizar: | Flexómetro, calibrador, regla, máquina fotográfica, fisurómetro. | | | Ubicación Superior: S Central: C Inferior: I | |
| | Sintomatología | Presencia | Ausencia | Nomenclatura | Ubicación |
| 1 Abrasión | General de la envolvente | | | AB | |
| 2 Burbujas | | | X | B | |
| 3 Corrosión del acero | X | | | CA | S - C - I |
| 4 Cultivos biológicos | X | | | CB | S - C - I |
| 5 Cambios de color | X | | | CC | S - C - I |
| 6 Corrosión de otros metales embebidos | | | X | CM | |
| 7 Concentración de agregados | | | X | COA | |
| 8 Contaminación por polución | X | | | CP | S - C - I |
| 9 Desplomes | X | | | D | S - C - I |
| 10 Desalineamientos | X | | | DA | S - C - I |
| 11 Descascaramientos | X | | | DC | I |
| 12 Desagregaciones | | | X | DE | |
| 13 Disgregaciones | X | | | DI | I |
| 14 Diferencia de tonalidad en la superficie | X | | | DT | S - C - I |
| 15 Diferencias de texturas | X | | | DTX | I |
| 16 Eflorescencias | X | | | E | I |
| 17 Exposición del acero de refuerzo | X | | | EA | S - C - I |
| 18 Erosión | | | X | ER | |
| 19 Exfoliación | | | X | EX | |
| 20 Fisuras | X | | | F | S |
| 21 Hinchazones | | | X | H | |
| 22 Meteorización | | | X | M | |
| 23 Manchas de óxido en la superficie | X | | | MO | S - I |
| 24 Otros | | | X | Otros | |
| 25 Polvo | X | | | P | S |
| 26 Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | X | | | RR | S - I |
| 27 Reventones | | | X | RV | |

Inspección Visual Sección Superior 1 Caso, [Cédula 2]:

Sección Superior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | X | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | | X | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | | X | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | | X | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | | X | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | X | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | | | | | X | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | X | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

5 X 0% 5 X 25% 2 X 50% 2 X 75% 4 X 100%



43.05 % Defectos Superficiales

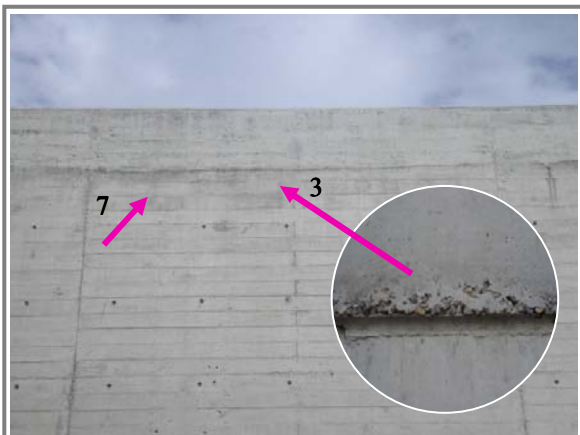


Figura N°75. Defecto 7, líneas entre capas o juntas frías y defecto 3 que corresponde a la exposición del agregado grueso.

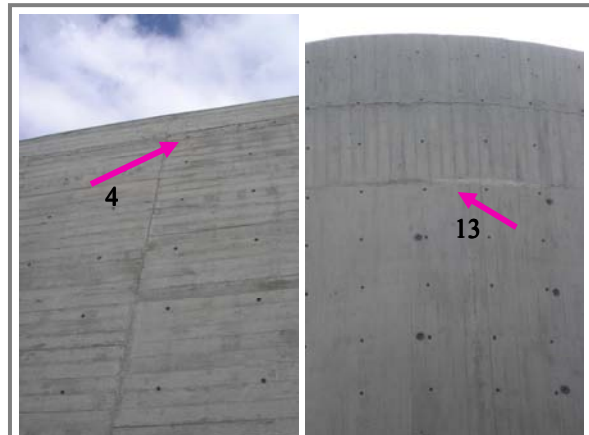


Figura N°76. Defecto 4, variación de color y defecto 13 presencia de un problema de modulación.

Inspección Visual Sección Central 1 Caso, [Cédula 2]:

Sección Central

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | X | | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | | X | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | | X | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | X | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | X | | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | X | | | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | X | | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | X | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | X | | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

10 X 0%
4 X 25%
3 X 50%
0 X 75%
1 X 100%



19.44 % Defectos Superficiales

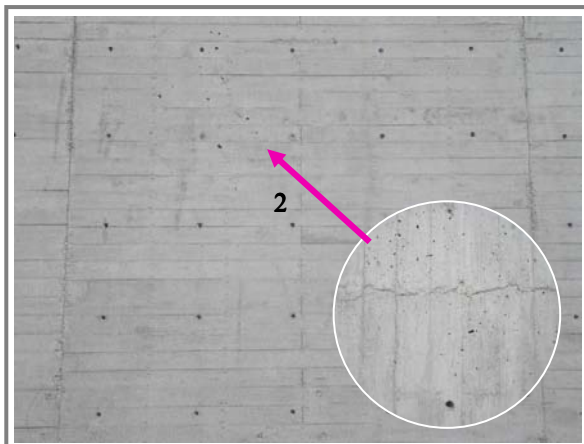


Figura N°77. Defecto 2, burbujas que sobrepasan el límite aceptable.

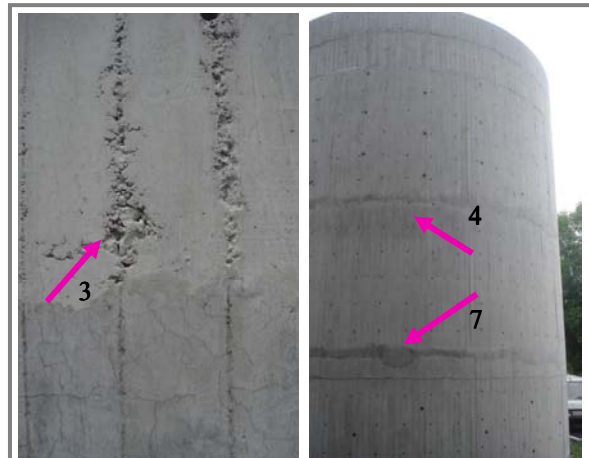


Figura N°78. Defecto 3, exposición del agregado grueso y defecto 4 y 7 variación de color y junta fría.

Inspección Visual Sección Inferior 1 Caso, [Cédula 2]:

Sección Inferior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | X | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | | X | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | | X | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | | X | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | X | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | | X | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | X | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | X | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | | X | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

3 X 0% 8 X 25% 3 X 50% 1 X 75% 3 X 100%



40.27 % Defectos Superficiales

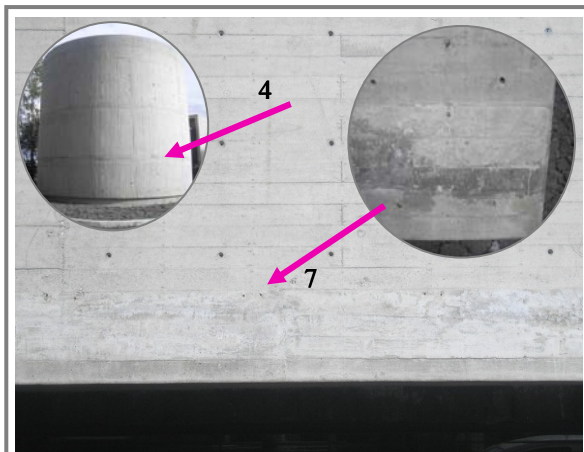


Figura N°79. Defecto 7, líneas entre capas o juntas frías y defecto 4 variación de color.

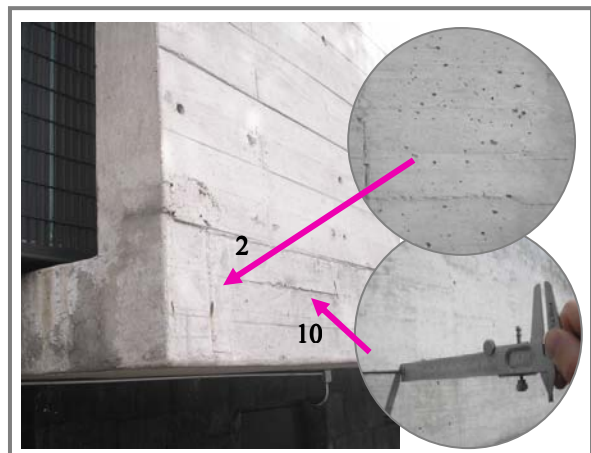


Figura N°80. Defecto 2 burbujas y defecto 10 desalineamientos que perjudican su apariencia.

V.3.2. Inspección Visual 2 Caso.**Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica 2 Caso, [Cédula 1]:**

| 1.1. Generalidades de la Envolvente | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Biblioteca y hemeroteca de la facultad de medicina | | | |
| Ubicación: Ciudad Universitaria, México DF. | | | |
| Uso: Biblioteca y Hemeroteca | | Fecha de Inspección: Abril 2010 | |
| Categoría de la envolvente: B | | Año de Construcción: Enero 2006- Nov. 2006 | |
| Área Total de Construcción: 3.106 m² | | Período de Uso: 3 años 5 meses | |
| 1.2. Condiciones de Exposición. | | | |
| Zona | | Clima: Templado sub-húmedo | |
| Urbana | <input checked="" type="checkbox"/> | Temperatura zona del proyecto | |
| Rural | <input type="checkbox"/> | Máx. 23.6°C | Min. 8.5°C |
| Marina | <input type="checkbox"/> | Precipitaciones promedio anual | |
| Industrial | <input type="checkbox"/> | 853.7 mm | Humedad relativa zona de proyecto |
| | | | Máx. 70% |
| | | | Min. 38% |
| | | Velocidad Máxima de los vientos | |
| | | 17.7 km/h | |
| Sustancias Agresivas | | | |
| Forma | | Tipo de contacto | |
| Líquida | <input type="checkbox"/> | Inmersión | <input type="checkbox"/> |
| Sólida | <input type="checkbox"/> | Escorrentía | <input type="checkbox"/> |
| Gaseosa | <input checked="" type="checkbox"/> | Vapor | <input type="checkbox"/> |
| | | Otros | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Descripción sustancia | | | |
| Básicamente la exposición que se aprecia es de contaminación atmosférica. | | | |
| | | | |
| | | | |
| 1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción. | | | |
| Materiales Predominantes: | | Concreto armado aparente, acero y cristal | |
| Sistema Constructivo: | | Concreto en sitio | Tipo de cimbra |
| Sistema Estructural: | | Muros de contención | Cimbra de madera. |
| Altura Envolvente 7.5 metros | | Duela | |
| Longitud Envolvente 30 metros | | Sistema de Cubierta | |
| Reglamento utilizado: Reglamento del Distrito Federal | | Losa de concreto armado | |

Vista de Ubicación, Planta e Imágenes de la Envolvente Arquitectónica, 2 Caso.

U
B
I
C
A
C
I
Ó
N
·
P
L
A
N
T
A
·
I
M
Á
G
E
N



Figura N°s.81, 82, 83. Fotografías de la envolvente N°2, mantiene los principios mencionados anteriormente de Ciudad Universitaria, preside de ornamentación, materiales aparentes, formas puras.

Sintomatología de la Envolvente Arquitectónica 2 Caso, [Cédula 2]:

| 2.1. Inspección Visual | | | | |
|---|---|----------|--------------|---|
| Instrumentos a utilizar: | Flexómetro, calibrador, regla, máquina fotográficas, | | | Ubicación Superior: S Central: C Inferior: I |
| | | | | |
| Sintomatología General de la envolvente | Presencia | Ausencia | Nomenclatura | Ubicación |
| 1 Abrasión | | X | AB | |
| 2 Burbujas | X | | B | C-S-I |
| 3 Corrosión del acero | | X | CA | |
| 4 Cultivos biológicos | | X | CB | |
| 5 Cambios de color | X | | CC | C-S-I |
| 6 Corrosión de otros metales embebidos | | X | CM | |
| 7 Concentración de agregados | X | | COA | C-S-I |
| 8 Contaminación por polución | | X | CP | |
| 9 Desplomes | X | | D | S-C |
| 10 Desalineamientos | X | | DA | C-S-I |
| 11 Descascaramientos | | X | DC | |
| 12 Desagregaciones | | X | DE | C-I |
| 13 Disgregaciones | | X | DI | |
| 14 Diferencia de tonalidad en la superficie | X | | DT | S-C-I |
| 15 Diferencias de texturas | | X | DTX | |
| 16 Eflorescencias | | X | E | |
| 17 Exposición del acero de refuerzo | | X | EA | |
| 18 Erosión | | X | ER | |
| 19 Exfoliación | | X | EX | |
| 20 Fisuras | | X | F | |
| 21 Hinchazones | | X | H | |
| 22 Meteorización | | X | M | |
| 23 Manchas de óxido en la superficie | | X | MO | |
| 24 Otros | | X | Otros | |
| 25 Polvo | | X | P | |
| 26 Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | | X | RR | |
| 27 Reventones | | X | RV | |

Inspección Visual Sección Superior 2 Caso, [Cédula 2]:

Sección Superior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | X | | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | X | | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | X | | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | X | | | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | X | | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | X | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | X | | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | X | | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | X | | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

12 X 0%
4 X 25%
1 X 50%
1 X 75%
0 X 100%



12.50 % Defectos Superficiales

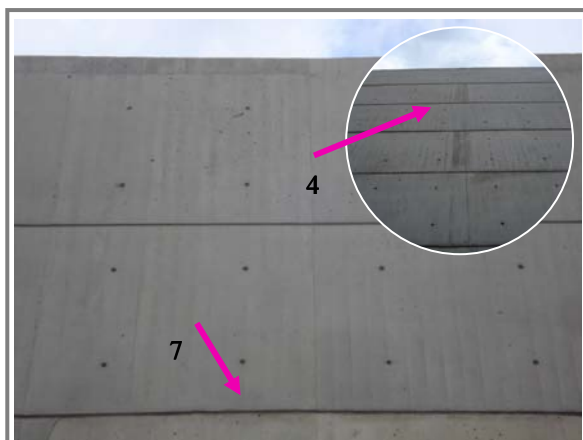


Figura N°84. Defecto 4 variación de color y 7 líneas entre capas.

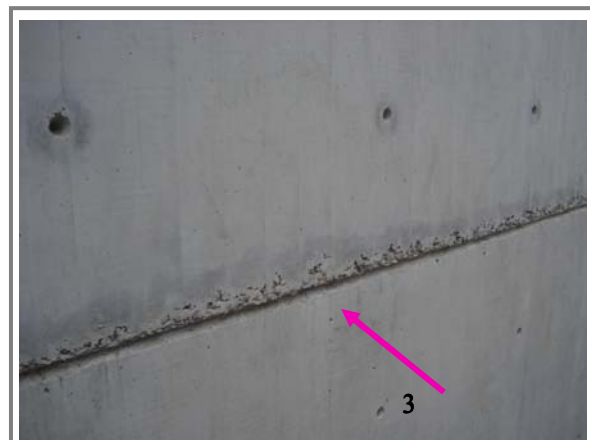


Figura N°85. Defecto 3 se ve claramente la exposición del agregado grueso.

Inspección Visual Sección Central 2 Caso, [Cédula 2]:

Sección Central

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | X | | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | | | X | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | X | | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | X | | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | X | | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | X | | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | X | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | X | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | X | | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

10 X 0%
6 X 25%
0 X 50%
3 X 75%
0 X 100%



20.83 % Defectos Superficiales

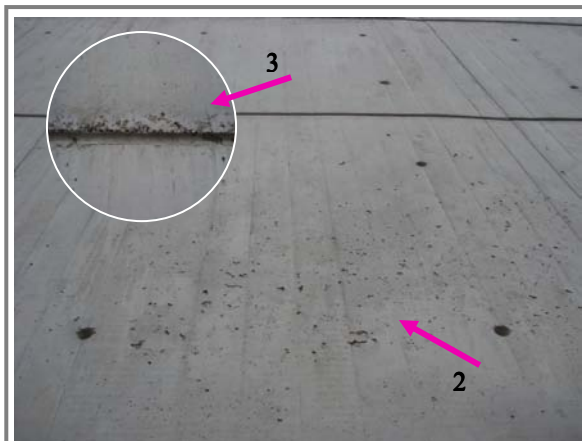


Figura N°86. Defecto 2 burbujas en la superficie y 3 exposición del agregado grueso.

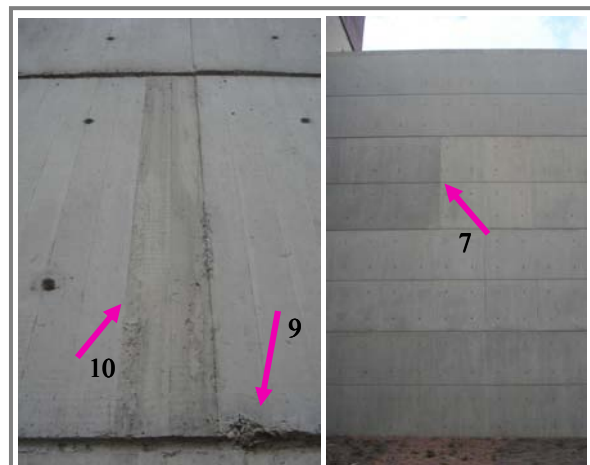


Figura N°87. Defecto 9 rebaba, defecto 10 desalineamientos y 7 líneas entre capas.

Inspección Visual Sección Inferior 2 Caso, [Cédula 2]:

Sección Inferior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | X | | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | | X | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | X | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | X | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | X | | | | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | X | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | | X | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | X | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados Pintas Vandálicas | | | X | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

5 X 0%
8 X 25%
4 X 50%
1 X 75%
0 X 100%



26.38 % Defectos Superficiales

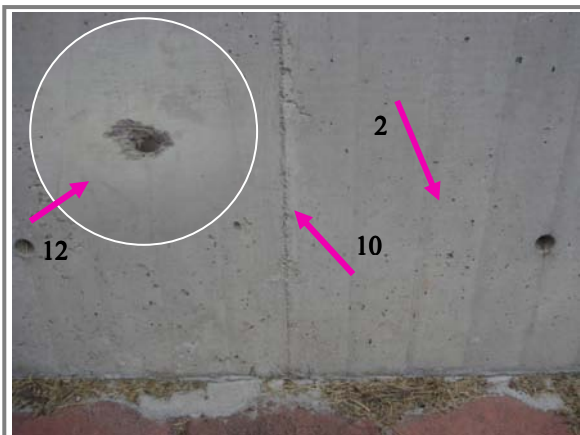


Figura N°88. Defecto 12 irregularidad dejada por los tensores, defecto 2 burbujas y defecto 10 desalineamientos.

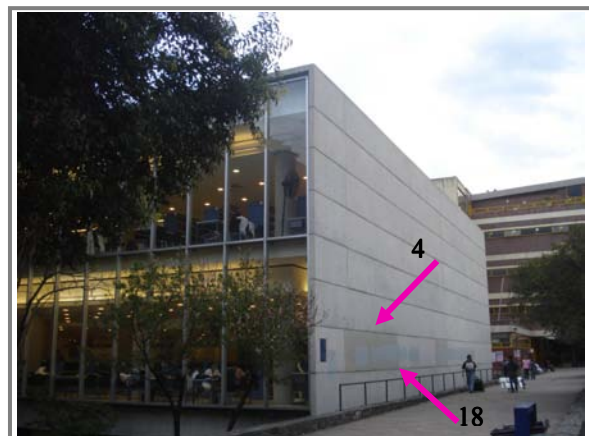


Figura N°89. Defecto 4 variación de color y 18 desgastes inusitados producidos por pintas vandálicas.

V.3.1. Inspección Visual 3 Caso.**Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica 3 Caso, [Cédula 1]:**

| | | | |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1.1. Generalidades de la Envolvente | | | |
| Proyecto: Facultad de ingenierías. División de ingenierías civil y geomática | | | |
| Ubicación: Ciudad Universitaria, México DF. | | | |
| Uso: Oficinas administrativas | | Fecha de Inspección: Abril 2010 | |
| Categoría de la envolvente: B | | Año de Construcción: Mediados 1990 | |
| Área Total de Construcción: 3450 m² | | Período de Uso: 20 años | |
| 1.2. Condiciones de Exposición. | | | |
| Zona | | Clima: Templado sub-húmedo | |
| Urbana | <input checked="" type="checkbox"/> | Temperatura zona del proyecto | |
| Rural | <input type="checkbox"/> | Humedad relativa zona de proyecto | |
| Marina | <input type="checkbox"/> | Máx. 23.6°C | Min. 8.5°C |
| Industrial | <input type="checkbox"/> | Máx. 70% | Min. 38% |
| | | Precipitaciones promedio anual | |
| | | Velocidad Máxima de los vientos | |
| | | 853.7 mm | |
| | | 17.7 km/h | |
| Sustancias Agresivas | | | |
| Forma | | Tipo de contacto | |
| Líquida | <input type="checkbox"/> | Inmersión | <input type="checkbox"/> |
| Sólida | <input type="checkbox"/> | Escorrentía | <input type="checkbox"/> |
| Gaseosa | <input checked="" type="checkbox"/> | Vapor | <input type="checkbox"/> |
| | | Otros | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Descripción sustancia | | | |
| Básicamente la exposición que se aprecia es de contaminación atmosférica. | | | |
| 1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción. | | | |
| Materiales Predominantes: | | Concreto armado aparente, acero y cristal | |
| Sistema Constructivo: | | Concreto en sitio | Tipo de cimbra |
| Sistema Estructural: | | Muros de contención | Duela |
| Altura Envolvente 5.5 metros | | Sistema de Cubierta | |
| Longitud Envolvente 65 metros | | Losa de concreto armado | |
| Reglamento utilizado: Reglamento Distrito federal | | | |

Vista de Ubicación, Planta e Imágenes de la Envolvente Arquitectónica, 3 Caso.

U
B
I
C
A
C
I
Ó
N



I
M
Á
G
E
N



Figura N°s.90, 91, 92. Fotografías de la envolvente N°3, mantiene los principios mencionados anteriormente de Ciudad Universitaria, preside de ornamentación, materiales aparentes, formas puras.

Sintomatología de la Envolvente Arquitectónica 3 Caso, [Cédula 2]:

| 2.1. Inspección Visual | | | | |
|---|---|----------|--------------|---|
| Instrumentos a utilizar: | Flexómetro, calibrador, regla, máquina fotográficas, | | | Ubicación Superior: S Central: C Inferior: I |
| | | | | |
| Sintomatología General de la envolvente | Presencia | Ausencia | Nomenclatura | Ubicación |
| 1 Abrasión | | X | AB | |
| 2 Burbujas | X | | B | S-C-I |
| 3 Corrosión del acero | X | | CA | S-C-I |
| 4 Cultivos biológicos | X | | CB | S-C-I |
| 5 Cambios de color | X | | CC | S-C-I |
| 6 Corrosión de otros metales embebidos | | X | CM | |
| 7 Concentración de agregados | | X | COA | |
| 8 Contaminación por polución | X | | CP | S |
| 9 Desplomes | | X | D | |
| 10 Desalineamientos | | X | DA | |
| 11 Descascaramientos | X | | DC | S-C-I |
| 12 Desagregaciones | | X | DE | |
| 13 Disgregaciones | | X | DI | |
| 14 Diferencia de tonalidad en la superficie | X | | DT | S-C-I |
| 15 Diferencias de texturas | X | | DTX | S-C-I |
| 16 Eflorescencias | X | | E | S-C-I |
| 17 Exposición del acero de refuerzo | X | | EA | S-C-I |
| 18 Erosión | | X | ER | |
| 19 Exfoliación | X | | EX | S-C-I |
| 20 Fisuras | X | | F | C-I |
| 21 Hinchazones | | X | H | |
| 22 Meteorización | | X | M | |
| 23 Manchas de óxido en la superficie | X | | MO | S-C-I |
| 24 Otros | | X | Otros | |
| 25 Polvo | X | | P | S-C-I |
| 26 Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | X | | RR | S-C-I |
| 27 Reventones | X | | RV | S-C-I |

Inspección Visual Sección Superior Caso, [Cédula 2]:

Sección Superior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | | X | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | X | | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | X | | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | X | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | | | | X | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | X | | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | | | X | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | | X | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | | X | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | | X | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados Cultivos Biológicos | | | | | X | DI | No apreciable a los 5 metros |

6 X 0% 3 X 25% 2 X 50% 1 X 75% 6 X 100%



47.22 % Defectos Superficiales

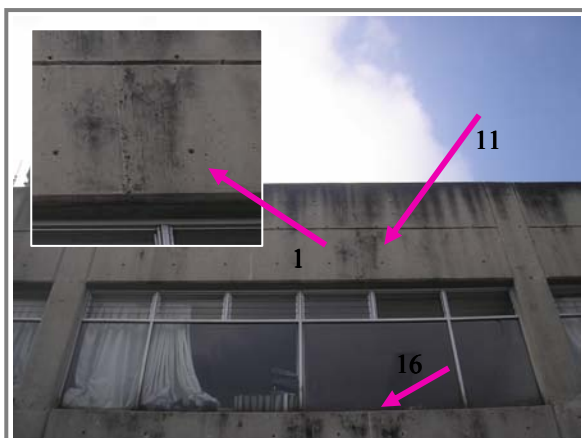


Figura N°93. Defecto 1 Fisuras, defecto 11 descascaramientos y 16 defecto por goteras.

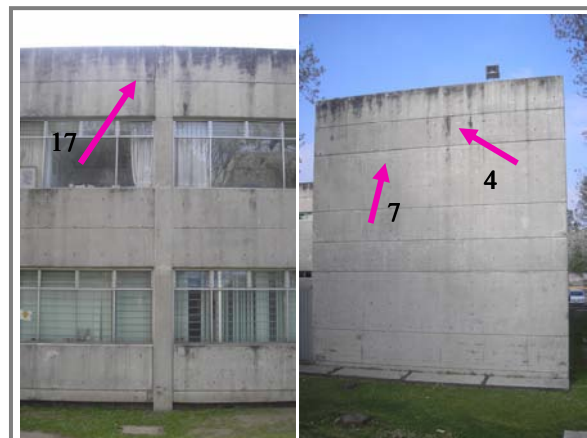


Figura N°94. Defecto 17 suciedad, 7 líneas entre capas y 4 variación de color.

Inspección Visual Sección Central **3** Caso, [Cédula 2]:

Sección Central

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | | | X | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | X | | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | X | | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | X | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | X | | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | | | | X | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | | | X | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | | X | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | | X | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | X | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados Cultivos Biológicos | | | X | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

6 X 0% 2 X 25% 4 X 50% 1 X 75% 5 X 100%



45.83 % Defectos Superficiales

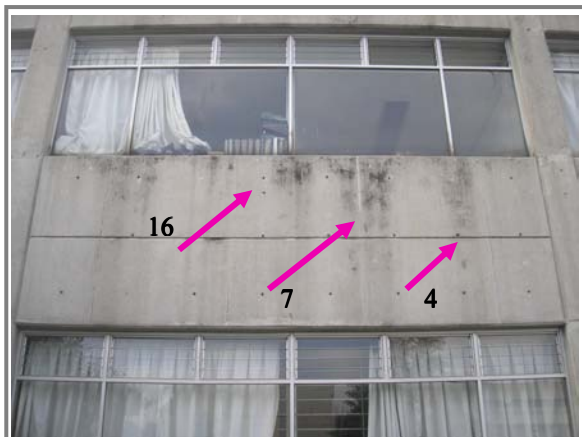


Figura N°95. Defecto 16 deterioro por goteras, defecto 7 líneas entre capas y 4 variación de color.

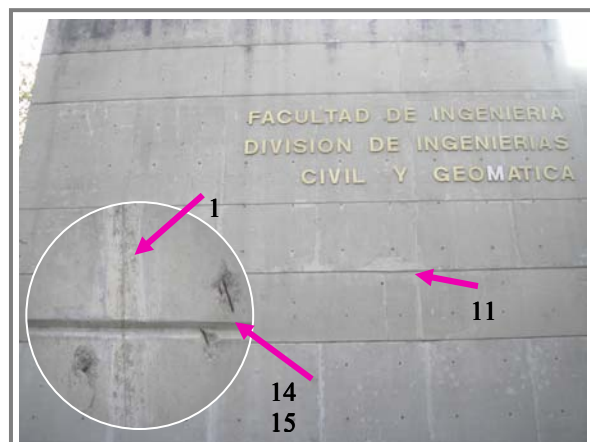


Figura N°96. Defecto 1 fisuras, 14 exposición del acero de refuerzo, 15 corrosión del acero de refuerzo y defecto 11 descascaramientos.

Inspección Visual Sección Inferior 3 Caso, [Cédula 2]:

Sección Inferior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | | | X | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | X | | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | X | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | X | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | X | | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | | | | X | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | | | X | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | | | X | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | | X | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | | X | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados Cultivos Biológicos | | | | | X | DI | No apreciable a los 5 metros |

5 X 0% 3 X 25% 1 X 50% 2 X 75% 7 X 100%



54.16 % Defectos Superficiales



Figura N°97. Defecto 7 líneas entre capas y defectos 18 desgastes inusitados por cultivos biológicos.

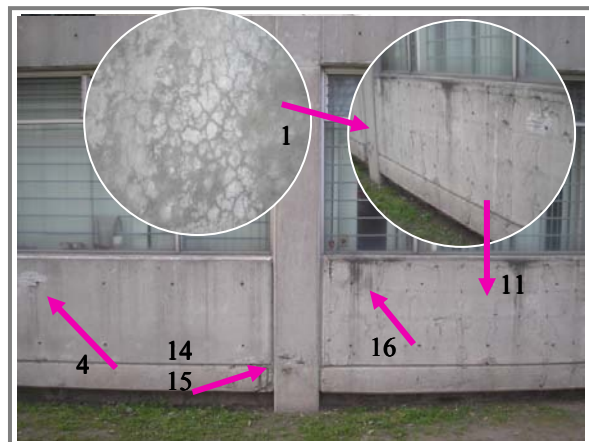



Figura N°98. Defecto 4 variación de color, defecto 14 exposición del agregado grueso, defecto 15, corrosión de acero de refuerzo, 16 deterioro por goteras, 11 descascaramientos y 1 fisuras.

V.3.1. Inspección Visual  **Caso.****Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica**  **Caso, [Cédula 1]:**

| 1.1. Generalidades de la Envolvente | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|
| Proyecto: Bicicentro | | | |
| Ubicación: Ciudad Universitaria, México DF. | | | |
| Uso: Interconector y estacionamiento de bicicletas | | Fecha de Inspección: Abril 2010 | |
| Categoría de la envolvente: B | | Año de Construcción: Nov. 2006- Mayo 2007 | |
| Área Total de Construcción: 1925.60 m² | | Período de Uso: 3 años 3 meses | |
| 1.2. Condiciones de Exposición. | | | |
| Zona | | Clima: Templado sub-húmedo | |
| Urbana | <input checked="" type="checkbox"/> | Temperatura zona del proyecto | |
| Rural | <input type="checkbox"/> | Máx. 23.6°C | Min. 8.5°C |
| Marina | <input type="checkbox"/> | Humedad relativa zona de proyecto | |
| Industrial | <input type="checkbox"/> | Máx. 70% | Min. 38% |
| | | Precipitaciones promedio anual | |
| | | Velocidad Máxima de los vientos | |
| | | 853.7 mm | |
| | | 17.7 km/h | |
| Sustancias Agresivas | | | |
| Forma | | Tipo de contacto | |
| Líquida | <input type="checkbox"/> | Inmersión | <input type="checkbox"/> |
| Sólida | <input type="checkbox"/> | Escorrentía | <input type="checkbox"/> |
| Gaseosa | <input checked="" type="checkbox"/> | Vapor | <input type="checkbox"/> |
| | | Otros | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Descripción sustancia | | | |
| Básicamente la exposición que se aprecia es de contaminación atmosférica. | | | |
| | | | |
| | | | |
| 1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción. | | | |
| Materiales Predominantes: | | Concreto armado aparente, paneles metálicos y cristal | |
| Sistema Constructivo: | | Concreto en sitio | Tipo de cimbra |
| Sistema Estructural: | | Muros de contención | Cimbra de madera triplay terminado lisos |
| Altura Envolvente 4.5 aprox. metros | | Sistema de Cubierta | |
| Longitud Envolvente 40 metros | | Losa de concreto armado | |
| Reglamento utilizado: 3.3 años | | | |

Vista de Ubicación, Planta e Imágenes de la Envolvente Arquitectónica, 4-Caso.

U
B
I
C
A
C
I
Ó
N
·
P
L
A
N
T
A
·
I
M
Á
G
E
N

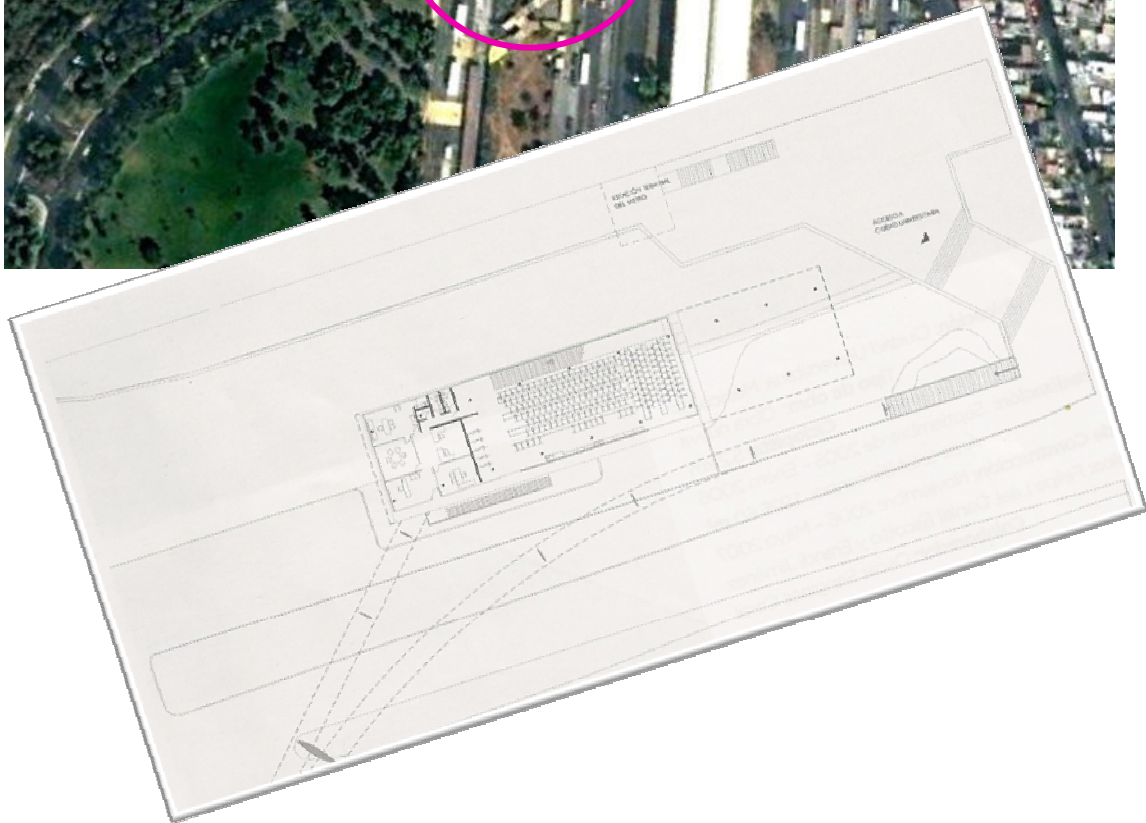


Figura N°s.99, 100, 101. Fotografías de la envolvente N°4, mantiene los principios mencionados anteriormente de Ciudad Universitaria, preside de ornamentación, materiales aparentes, formas puras.

Sintomatología de la Envolvente Arquitectónica - Caso, [Cédula 2]:

| 2.1. Inspección Visual | | | | |
|---|---|----------|--------------|---|
| Instrumentos a utilizar: | Flexómetro, calibrador, regla, máquina fotográficas, | | | Ubicación Superior: S Central: C Inferior: I |
| | | | | |
| Sintomatología General de la envolvente | Presencia | Ausencia | Nomenclatura | Ubicación |
| 1 Abrasión | | X | AB | |
| 2 Burbujas | X | | B | C-S-I |
| 3 Corrosión del acero | | X | CA | |
| 4 Cultivos biológicos | | X | CB | |
| 5 Cambios de color | X | | CC | C-S-I |
| 6 Corrosión de otros metales embebidos | | X | CM | |
| 7 Concentración de agregados | X | | COA | I |
| 8 Contaminación por polución | X | | CP | S-C-I |
| 9 Desplomes | | X | D | |
| 10 Desalineamientos | | X | DA | |
| 11 Descascaramientos | X | | DC | I |
| 12 Desagregaciones | X | | DE | S-C-I |
| 13 Disgregaciones | | X | DI | |
| 14 Diferencia de tonalidad en la superficie | X | | DT | S-C-I |
| 15 Diferencias de texturas | X | | DTX | I |
| 16 Eflorescencias | | X | E | |
| 17 Exposición del acero de refuerzo | | X | EA | |
| 18 Erosión | | X | ER | |
| 19 Exfoliación | | X | EX | |
| 20 Fisuras | X | | F | S-C-I |
| 21 Hinchazones | | X | H | |
| 22 Meteorización | | X | M | |
| 23 Manchas de óxido en la superficie | | X | MO | |
| 24 Otros | | X | Otros | |
| 25 Polvo | X | | P | S-C-I |
| 26 Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | X | | RR | I |
| 27 Reventones | | X | RV | |

Inspección Visual Sección Superior  **Caso, [Cédula 2]:**

Sección Superior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | X | | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | X | | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | X | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | X | | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | X | | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | X | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | X | | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | X | | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | X | | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | | X | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | | X | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados <small>Cubierta (Estanca agua)</small> | | | | | X | DI | No apreciable a los 5 metros |

8 X 0%
4 X 25%
1 X 50%
0 X 75%
5 X 100%



36.11 % Defectos Superficiales



Figura N°102. Defecto 4 variación de color y 17 suciedad.

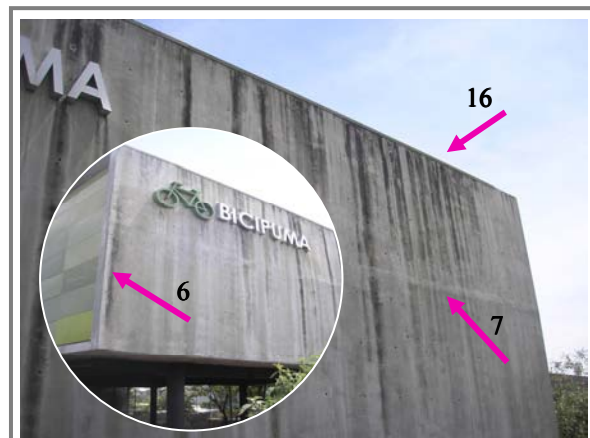


Figura N°103. Defecto 6 línea de acumulación de finos, defecto 16 deterioro por goteras y 17 suciedad.

Inspección Visual Sección Central  **Caso, [Cédula 2]:**

Sección Central

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | X | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | X | | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | X | | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | X | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | X | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | X | | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | X | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | X | | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | X | | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | X | | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | | X | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | | X | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados <small>Cubierta (Estanca agua)</small> | | | | | X | DI | No apreciable a los 5 metros |

7 X 0%
4 X 25%
2 X 50%
0 X 75%
5 X 100%



38.88 % Defectos Superficiales

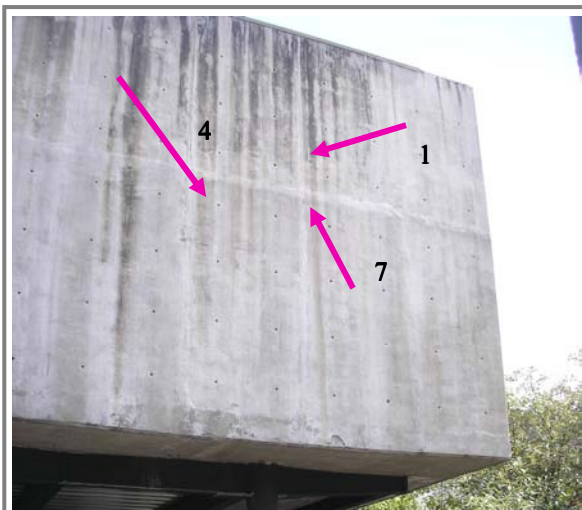


Figura N°104. Defecto 4 variación de color, defecto 1 fisuras y 7 líneas entre capas.

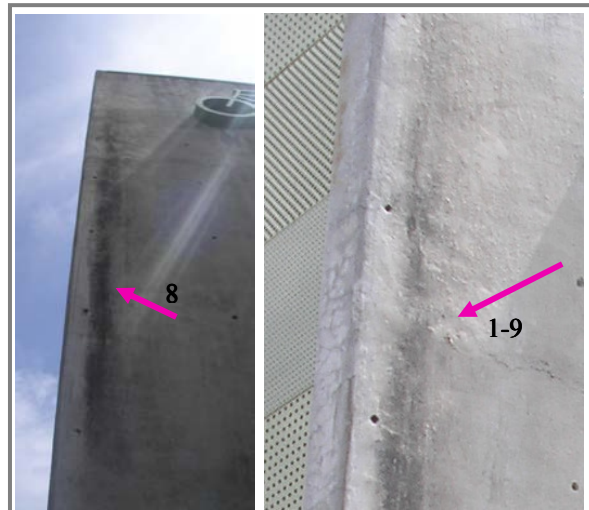


Figura N°105. Defecto 8 fuga de lechada y defecto 9 rebaba.

Inspección Visual Sección Inferior  **Caso, [Cédula 2]:**

Sección Inferior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltente: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | X | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | X | | | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | X | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | | X | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | X | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | X | | | | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | X | | | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | X | | | | | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | | | | X | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | X | | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | X | | | | | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | X | | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | X | | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | X | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | | | X | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados <small>Cubierta (Estanca agua)</small> | | | | X | | DI | No apreciable a los 5 metros |

5 X 0% 6 X 25% 1 X 50% 5 X 75% 1 X 100%



37.50 % Defectos Superficiales

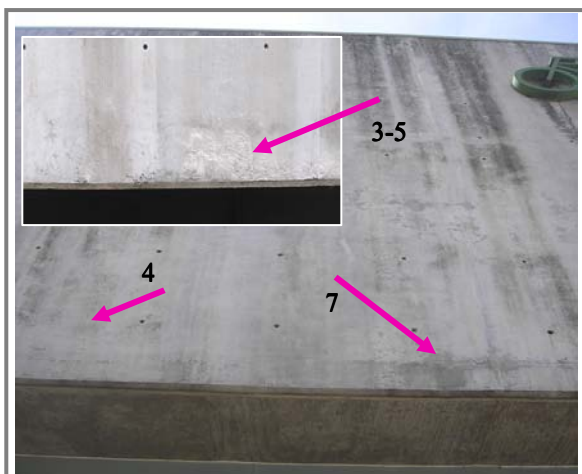


Figura N°106. Defecto 4 variación de color, defecto 3 y 5 exposición y transparencia de agregado grueso y 7 líneas entre capas.

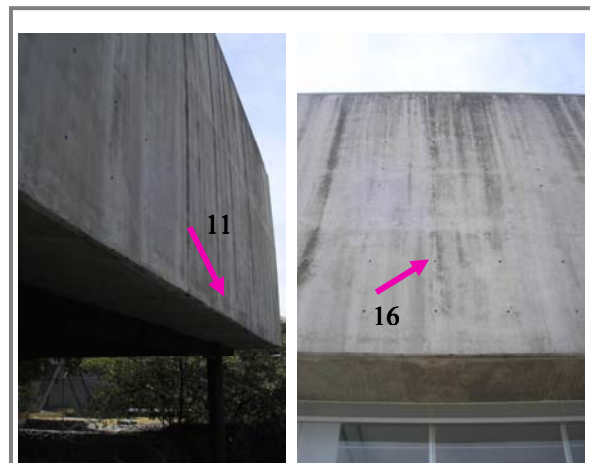


Figura N°107. Defecto 11 descascaramientos y 16 deterioro por goteras.

V.3.1. Inspección Visual 5 Caso.**Antecedentes de la Envolvente Arquitectónica 5 Caso, [Cédula 1]:**

| | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1.1. Generalidades de la Envolvente | | | |
| Proyecto: Dirección de teatro y danza | | | |
| Ubicación: Ciudad Universitaria, México DF. | | | |
| Uso: Oficinas, acervo y bodegas | | Fecha de Inspección: Abril 2010 | |
| Categoría de la envolvente: B | | Año de Construcción: Mayo a Marzo 2007 | |
| Área Total de Construcción: 1235 m² | | Período de Uso: 3 años 5 meses | |
| 1.2. Condiciones de Exposición. | | | |
| Zona | | Clima: Templado sub-húmedo | |
| Urbana | <input checked="" type="checkbox"/> | Temperatura zona del proyecto | |
| Rural | <input type="checkbox"/> | Máx. 23.6°C | Min. 8.5°C |
| Marina | <input type="checkbox"/> | Humedad relativa zona de proyecto | |
| Industrial | <input type="checkbox"/> | Máx. 70% | Min. 38% |
| | | Precipitaciones promedio anual | |
| | | Velocidad Máxima de los vientos | |
| | | 853.7 mm | |
| | | 17.7 km/h | |
| Sustancias Agresivas | | | |
| Forma | | Tipo de contacto | |
| Líquida | <input type="checkbox"/> | Inmersión | <input type="checkbox"/> |
| Sólida | <input type="checkbox"/> | Escorrentía | <input type="checkbox"/> |
| Gaseosa | <input checked="" type="checkbox"/> | Vapor | <input type="checkbox"/> |
| | | Otros | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Descripción sustancia | | | |
| Básicamente la exposición que se aprecia es de contaminación atmosférica. | | | |
| 1.3. Condiciones de Servicio y Datos de la Construcción. | | | |
| Materiales Predominantes: | | Concreto armado aparente, acero y cristal | |
| Sistema Constructivo: | | Concreto en sitio | Tipo de cimbra |
| Sistema Estructural: | | Muros de contención | Cimbra de madera, duela |
| Altura Envolvente 5 metros | | Sistema de Cubierta | |
| Longitud Envolvente 30 metros | | Losa de concreto armado | |
| Reglamento utilizado: 3.3 años | | | |

Vista de Ubicación, Planta e Imágenes de la Envolvente Arquitectónica, 5 Caso.

U
B
I
C
A
C
I
Ó
N
·
P
L
A
N
T
A
·
I
M
Á
G
E
N

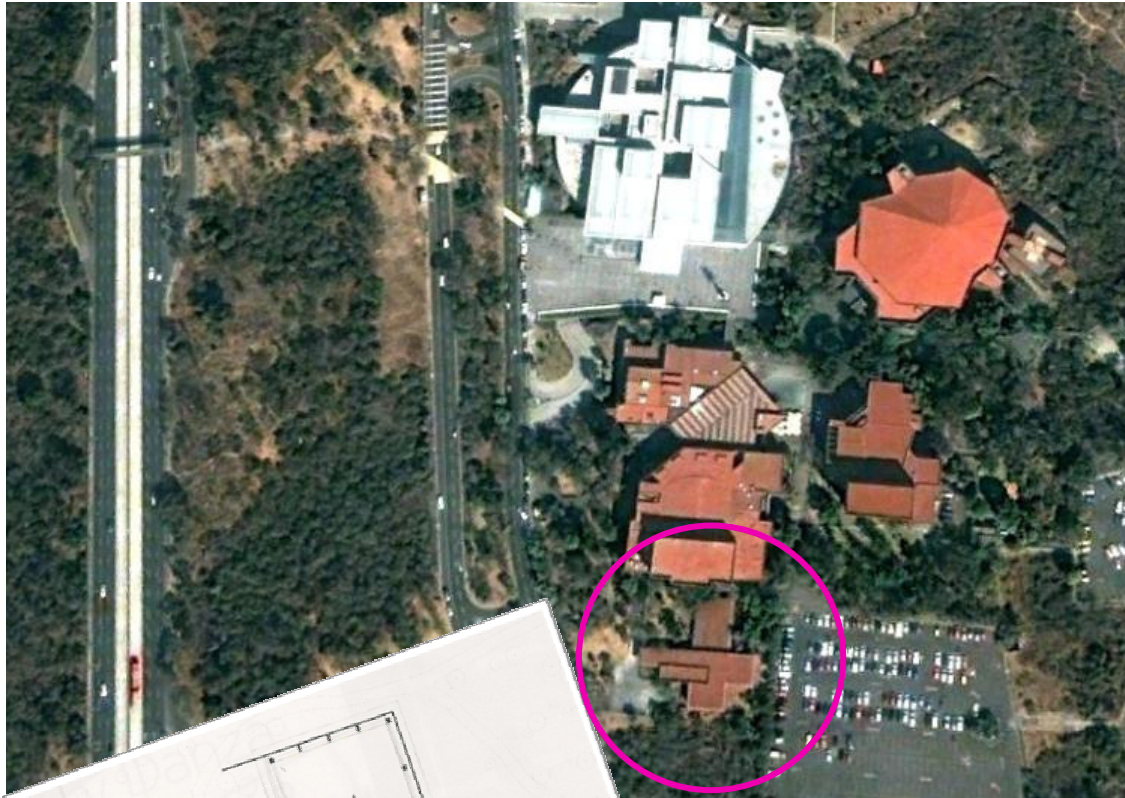


Figura N°s.108, 109, 110. Fotografías de la envolvente N°5, mantiene los principios mencionados anteriormente de Ciudad Universitaria, preside de ornamentación, materiales aparentes, formas puras.

Sintomatología de la Envolvente Arquitectónica 5 Caso, [Cédula 2]:

| 2.1. Inspección Visual | | | | |
|---|---|----------|--------------|---|
| Instrumentos a utilizar: | Flexómetro, calibrador, regla, máquina fotográficas, | | | Ubicación Superior: S Central: C Inferior: I |
| | | | | |
| Sintomatología General de la envolvente | Presencia | Ausencia | Nomenclatura | Ubicación |
| 1 Abrasión | | X | AB | |
| 2 Burbujas | X | | B | C-S-I |
| 3 Corrosión del acero | X | | CA | C-S-I |
| 4 Cultivos biológicos | | X | CB | |
| 5 Cambios de color | X | | CC | C-S-I |
| 6 Corrosión de otros metales embebidos | | X | CM | |
| 7 Concentración de agregados | X | | COA | S-C-I |
| 8 Contaminación por polución | | X | CP | |
| 9 Desplomes | X | | D | S-C-I |
| 10 Desalineamientos | X | | DA | S-C-I |
| 11 Descascaramientos | | X | DC | |
| 12 Desagregaciones | | X | DE | |
| 13 Disgregaciones | | X | DI | |
| 14 Diferencia de tonalidad en la superficie | X | | DT | S-C-I |
| 15 Diferencias de texturas | X | | DTX | S-C-I |
| 16 Eflorescencias | | X | E | |
| 17 Exposición del acero de refuerzo | X | | EA | S-C-I |
| 18 Erosión | | X | ER | |
| 19 Exfoliación | | X | EX | |
| 20 Fisuras | X | | F | S-C-I |
| 21 Hinchazones | | X | H | |
| 22 Meteorización | | X | M | |
| 23 Manchas de óxido en la superficie | | X | MO | |
| 24 Otros | | X | Otros | |
| 25 Polvo | | X | P | |
| 26 Rasgaduras o ángulos y aristas rotas | | X | RR | |
| 27 Reventones | | X | RV | |

Inspección Visual Sección Superior 5 Caso, [Cédula 2]:

Sección Superior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | X | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | | | X | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | | X | | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | X | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | | | X | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | | | X | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | | | | X | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | | | | | X | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | X | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | X | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

2 X 0% 6 X 25% 3 X 50% 2 X 75% 5 X 100%



52.77 % Defectos Superficiales

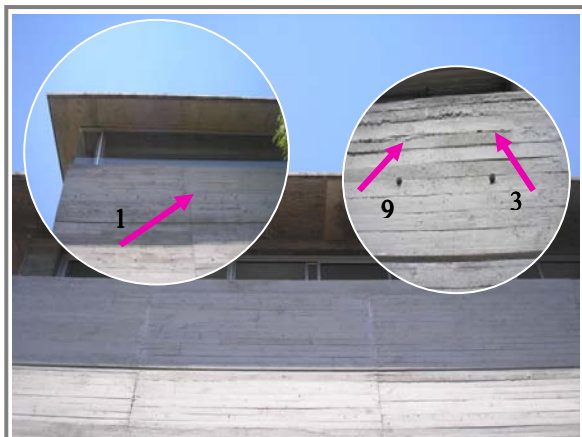


Figura N°111. Defecto 1 fisuras, defecto 9 rebaba y 3 exposición del agregado grueso.

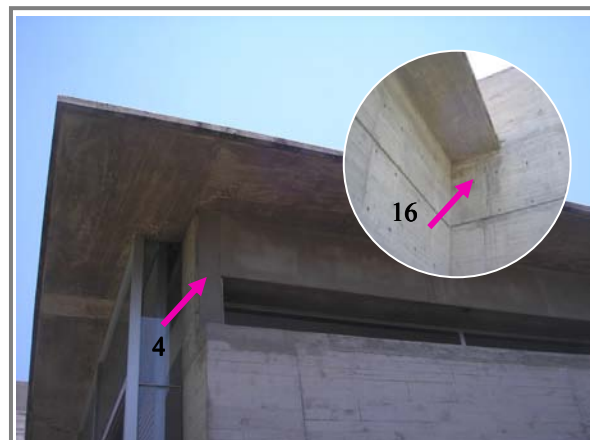


Figura N°112. Defecto 4 variación de color y defecto 16 deterioro por goteras.

Inspección Visual Sección Central 5 Caso, [Cédula 2]:

Sección Central

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | X | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | X | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | | | X | | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | X | | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | | | X | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | | | X | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | | | | X | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | | | | | X | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de reuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | | | | X | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | X | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

2 X 0% 6 X 25% 3 X 50% 3 X 75% 4 X 100%



51.38 % Defectos Superficiales



Figura N°113. Defecto 13 de modulación importante.

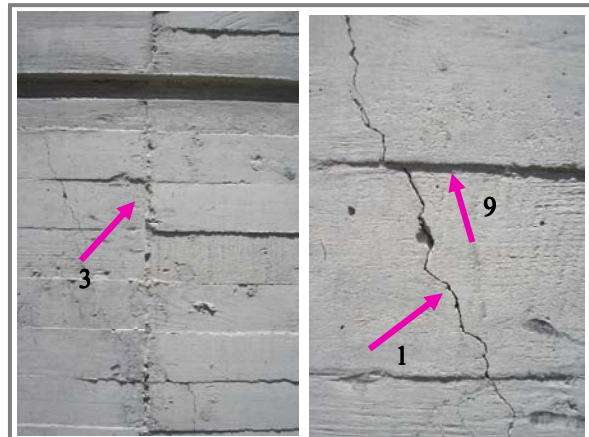


Figura N°114. Defecto 3 exposición del agregado grueso, defecto 1 fisuras y defecto 9 rebaba.

Inspección Visual Sección Inferior 5 Caso, [Cédula 2]:

Sección Inferior

Metodología: Se evalúan por separado las tres secciones de cada envoltorio: Estableciendo su ubicación, si es: Superior (S); Central (C), Inferior (I)

| Defecto Superficial | Ausencia | Leves 25% | Leves 50% | Presencia 75% | Presencia 100% | Nm | Tolerancia |
|--|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|----|------------------------------|
| 1 Fisuras y grietas | | | X | | | FG | < 0.4 milímetros |
| 2 Burbujas | | X | | | | B | Tipo B: S<20 cm2 |
| 3 Exposición del agregado grueso | | | | X | | EG | No es permitido |
| 4 Variación de color | | | X | | | VC | No apreciable a los 5 metros |
| 5 Transparencia del agregado grueso | | | | X | | TG | Tipo B: S<20 cm2 |
| 6 Líneas de acumulación de finos | | | X | | | LF | No apreciable a los 5 metros |
| 7 Líneas entre capas | | | | | X | LC | No apreciable a los 5 metros |
| 8 Fuga de lechada | | | | | X | FL | No apreciable a los 5 metros |
| 9 Rebaba | | | | X | | R | Tipo B: d<6 milímetros |
| 10 Desalineamientos | | | | | X | DS | Tipo B: d<6 milímetros |
| 11 Descascaramientos | X | | | | | DC | Tipo B: S<20 cm2 |
| 12 Irregularidad dejada por los tensores | | X | | | | IT | No apreciable a los 5 metros |
| 13 Defecto de modulación | | | | | X | DM | No apreciable a los 5 metros |
| 14 Exposición del acero de refuerzo | | X | | | | EA | No es permitido |
| 15 Corrosión del acero de refuerzo | | X | | | | CA | No es permitido |
| 16 Deterioro por goteras | X | | | | | DG | No apreciable a los 5 metros |
| 17 Suciedad | | X | | | | SS | No apreciable a los 5 metros |
| 18 Desgastes inusitados | X | | | | | DI | No apreciable a los 5 metros |

3 X 0% 5 X 25% 3 X 50% 3 X 75% 4 X 100%



50.00 % Defectos Superficiales

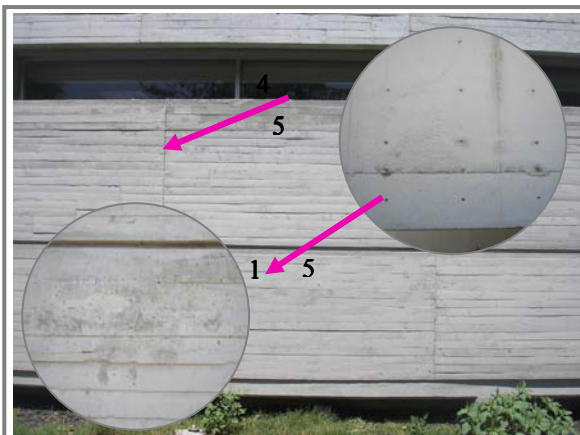


Figura N°115. Defecto 5 transparencia del agregado grueso, defecto 1 fisuras y 7 líneas entre capas.

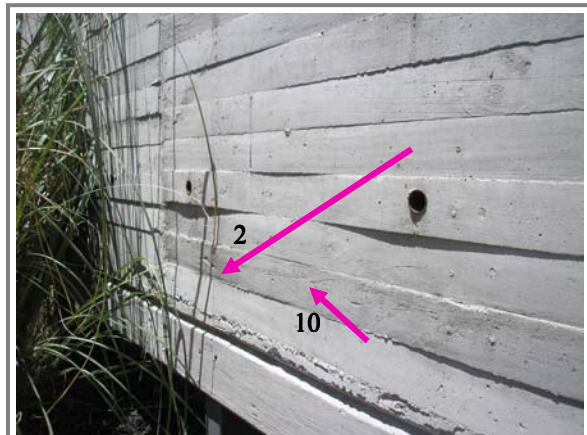


Figura N°116. Defecto 2 burbujas y defecto 10 desalineamientos.

6 CAPÍTULO

6 CAPÍTULO / EVALUACIÓN Y TERAPEÚTICA. RESULTADOS.

Generalmente la evaluación [diagnóstico] tiene lugar como resultado de un signo visible de una enfermedad [defecto superficial], causando una preocupación y atención por el aspecto, apariencia, calidad y durabilidad de una obra arquitectónica. Por esto, a través del análisis o evaluación de los resultados arrojados en el capítulo anterior, podremos determinar los defectos superficiales con mayor frecuencia de aparición en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, en el Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM, recordemos que este es uno de los propósitos u objetivos de esta investigación, para poder esclarecer las causas, consecuencias y prevención de dichos defectos, así podremos mejorar nuestra forma de enfrentar el proceso constructivo de una obra arquitectónica y minimizar el deterioro de nuestro entorno, como una respuesta a las necesidades y problemáticas de hoy.

La evaluación de los resultados de la inspección visual efectuada en el capítulo anterior es un paso, prudente y obligatorio, que no cierra el tema de los defectos superficiales presentes en las envolventes arquitectónicas, sino que lo utilizaremos para centrar correctamente esta investigación, entregándonos los defectos con mayor frecuencia de aparición para comprenderlos y prevenirlos, como una alternativa terapéutica. A partir de este paso generalmente podremos actuar contemplando diferentes aristas o estimando la necesidad de: llevar a cabo ensayos adicionales, como también la adquisición de información complementaria, o la realización de cálculos mediante estudios de campo en laboratorios, o la redacción de informes definitivos de cada envolvente en particular, que serían otros caminos a considerar posteriormente a esta investigación.

Resultados generales arrojados en la Cédula 2:

| Casos | Sección Superior | Sección Central | Sección Inferior | % Promedio |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Envolvente 1 | 43.05 % | 19.44 % | 40.27 % | 44.25 % |
| Envolvente 2 | 12.50 % | 20.83 % | 26.38 % | 19.90 % |
| Envolvente 3 | 47.22 % | 45.83 % | 54.16 % | 49.07 % |
| Envolvente 4 | 36.11 % | 38.88 % | 37.50 % | 37.49 % |
| Envolvente 5 | 52.77 % | 51.38 % | 50.00 % | 51.38 % |
| Totales | 38.33% | 35.27% | 41.38% | 40.41% |

Tabla N°13. Porcentajes totales de los defectos superficiales presentes en las tres secciones de las envolventes arquitectónicas consideradas como casos de estudio.

En lo que concierne a la evaluación de los resultados generales de la inspección a las envolventes arquitectónicas de concreto aparente seleccionadas, podemos afirmar a grandes rasgos que la parte más afectada es la inferior, con un 40.38% de presencia de defectos superficiales, planteando como hipótesis la escasa planeación del diseño, sobretodo de las cimbras, ya que las envolventes arquitectónicas tienen una altura considerable, por lo tanto la aparición de variaciones de color o exposición de agregado grueso podría deberse a la altura en la cual se deja caer la mezcla, entre otras razones que se explicarán en la medida que definamos con los resultados los defectos superficiales de mayor frecuencia de aparición en cada una de las secciones inspeccionadas. Además, como un análisis somero podemos afirmar que el caso 5 es el que en promedio tiene mayor presencia de defectos superficiales, datos que iremos profundizando en el proceso de evaluación.

VI.1. Análisis o Evaluación de las Secciones Inspeccionadas.

VI.1.1. Sección Superior:

| SECCIÓN SUPERIOR | DEFECTOS SUPERFICIALES (nivel de presencia) | | | | |
|----------------------|---|---------------|--------------------|-----------------------------------|---|
| | 100% | 75% | 50% | 25% | 0% |
| Envolvente Caso 1 | <u>VC</u> - <u>LC</u> - DM EG | LF - FL | B - SS | FG - DS - IT- EA CA | <u>TG</u> - <u>R</u> - DC DG - DI |
| Envolvente Caso 2 | - | <u>EG</u> | LC | <u>B</u> - DS - IT- VC | <u>TG</u> - <u>R</u> - LF - FG FL - DC - DM EA CA - DG SS DI |
| Envolvente Caso 3 | <u>VC</u> - <u>LC</u> - DG SS - DI- DC | FG | EA - CA | <u>B</u> - DS - FL | <u>TG</u> - <u>R</u> - EG-LF IT - DM |
| Envolvente Caso 4 | <u>VC</u> - <u>LC</u> - DG SS - DI | - | <u>LF</u> | <u>B</u> - FG- FL - DC | <u>TG</u> - <u>R</u> - EG - DS IT - DM- EA -CA |
| Envolvente Caso 5 | <u>VC</u> - <u>LC</u> - DM FL - DS | <u>EG</u> - R | <u>LF</u> - FG -DG | <u>B</u> - IT- EA - TG CA - SS | DC - DI |

Tabla N°14. Resultados del estudio de campo donde se inspeccionó la cantidad de defectos superficiales en la sección superior de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, [la nomenclatura se encuentra expresada en la cédula 2].

Los defectos superficiales más frecuentes presentes en la sección superior de las envolventes inspeccionadas son:

- Con un 100% [muy alta] presencia: Variación de color [VC] y Líneas entre capas o juntas frías [LC].

- Con un 75% [alta] presencia: Exposición de agregado grueso [EG].
- Con un 50% [media] presencia: Líneas de acumulación de finos [LF].
- Con un 25% [baja] presencia: Burbujas [B].
- No se detectan: Transparencia de agregado grueso [TG] y Rebaba [R].

VI.1.2. Sección Central:

| SECCIÓN CENTRAL | DEFECTOS SUPERFICIALES (nivel de presencia) | | | | |
|----------------------|---|--------------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| | 100% | 75% | 50% | 25% | 0% |
| Envolvente Caso 1 | EG | - | B - <u>VC</u> - LC | DS - <u>IT</u> - EA - CA | FG - <u>TG</u> - LF FL - R - DC - <u>DM</u> DG - SS - DI |
| Envolvente Caso 2 | - | B - <u>EG</u> - LC | - | VC - R - DS - <u>IT</u> EA - CA | FG - <u>TG</u> - LF - FL DC - <u>DM</u> - DG SS - DI |
| Envolvente Caso 3 | FG - VC - <u>LC</u> DC - DG | SS | FL - EA - CA - DI | B - <u>IT</u> | EG - <u>TG</u> - LF - R DS - <u>DM</u> |
| Envolvente Caso 4 | VC - <u>LC</u> - DG SS - DI | - | <u>FG</u> - LF | B - FL - R - DC | EG - <u>TG</u> - DS IT - <u>DM</u> - EA CA |
| Envolvente Caso 5 | <u>LC</u> - FL - DS DM | <u>EG</u> - R - DG | <u>FG</u> - <u>VC</u> - TG | B - LF - <u>IT</u> - EA CA - SS | DC - DI |

Tabla N°15. Resultados del estudio de campo donde se inspeccionó la cantidad de defectos superficiales en la sección central de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, [la nomenclatura se encuentra expresada en la cédula 2].

Los defectos superficiales más frecuentes presentes en la sección central de las envolventes inspeccionadas son:

- Con un 100% [muy alta] presencia: Líneas entre capas o juntas frías [LC].
- Con un 75% [alta] presencia: Exposición de agregado grueso [EG].
- Con un 50% [media] presencia: Fisuras y grietas [FG] y Variación de color [VC].
- Con un 25% [baja] presencia: Irregularidad dejada por los tensores [IT].
- No se detectan: Transparencia de agregado grueso [TG] y Defecto de modulación [DM].

VI.1.3. Sección Inferior:

| SECCIÓN INFERIOR | DEFECTOS SUPERFICIALES (nivel de presencia) | | | | |
|----------------------|---|-------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|
| | 100% | 75% | 50% | 25% | 0% |
| Envolvente Caso 1 | EG - VC - <u>LC</u> | LF | <u>B</u> - DC - SS | FG - FL - R - DC <u>IT</u> - EA - CA - DI | TG - <u>DM</u> - DG |
| Envolvente Caso 2 | - | <u>EG</u> | <u>B</u> - <u>VC</u> - DS - DI | LF - LC - FL - R <u>IT</u> - EA - CA - SS | FG - TG - DC <u>DM</u> - DG |
| Envolvente Caso 3 | FG - VC - <u>LC</u> DC - DG - SS DI | EA - CA | FL | B - LF - <u>IT</u> | EG - TG - R - DS <u>DM</u> |
| Envolvente Caso 4 | <u>LC</u> | VC - DC - DG SS - DI | <u>FG</u> | B - EG - TG - LF - FL - R | DS - IT - <u>DM</u> EA - CA |
| Envolvente Caso 5 | <u>LC</u> - FL - DS DM | <u>EG</u> - TG - R | <u>FG</u> - EG - <u>VC</u> - LF | B - <u>IT</u> - EA - CA SS | DC - DG - DI |

Tabla N°16. Resultados del estudio de campo donde se inspeccionó la cantidad de defectos superficiales en la sección inferior de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, [la nomenclatura se encuentra expresada en la cédula 2].

Los defectos superficiales más frecuentes presentes en la sección inferior de las envolventes inspeccionadas son:

- Con un 100% [muy alta] presencia: Líneas entre capas o juntas frías [**LC**].
- Con un 75% [alta] presencia: Exposición de agregado grueso [**EG**].
- Con un 50% [media] presencia: Fisuras y grietas [**FG**] y variación de color [**VC**].
- Con un 25% [baja] presencia: Irregularidad dejada por los tensores [**IT**].
- No se detectan: Defecto de modulación [**DM**].

| RESUMEN DE DEFECTOS SUPERFICIALES | % |
|---------------------------------------|-----|
| Variación de Color | 100 |
| Líneas entre capas o juntas frías | 100 |
| Exposición de agregado grueso | 75 |
| Líneas de acumulación de finos | 50 |
| Fisuras y grietas | 50 |
| Burbujas | 25 |
| Irregularidad dejada por los tensores | 25 |

Tabla N°17. Resumen de la evaluación de los defectos superficiales de mayor presencia en las envolventes arquitectónicas inspeccionadas.

SUPERIOR

100% (muy alta) presencia: Variación de color y Líneas entre capas o juntas frías.
75% (alta) presencia: Exposición de agregado grueso.
50% (media) presencia: Líneas de acumulación de finos.
25% (baja) presencia: Burbujas.

CENTRAL

100% (muy alta) presencia: Líneas entre capas.
75% (alta) presencia: Exposición de agregado grueso.
50% (media) presencia: Fisuras y grietas y Variación de color.
25% (baja) presencia: Irregularidad dejada por los tensores

INFERIOR

100% (muy alta) presencia: Líneas entre capas.
75% (alta) presencia: Exposición de agregado grueso.
50% (media) presencia: Fisuras y grietas y variación de color.
25% (baja) presencia: Irregularidad dejada por los tensores

Según los resultados obtenidos al procesar los datos recopilados durante la toma de muestras e inspecciones realizadas a las envolventes arquitectónicas seleccionadas, las variaciones de color y líneas entre capas o juntas frías, son los dos defectos superficiales que se encuentran presentes en un muy alto nivel, ósea con una presencia de 100% en dichas envolventes en el Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM.

La mayoría de las **Variaciones de color** contabilizadas durante el muestreo se forman en la parte superior de los elementos evaluados y estas, tienen distintas manifestaciones como por ejemplo: variaciones de color dejadas por el descimbrado, los desmoldantes y los selladores; las manchas de óxido que viajan a la superficie del concreto ocasionadas por la corrosión del acero de refuerzo; y sobre todo los cambios de color debidos al envejecimiento y a la falta de mantenimiento observadas en los casos de estudio analizados, además de otras causas que podríamos considerar más adelante.

Las **Líneas entre capas o juntas frías** se forman en las tres secciones inspeccionadas de las envolventes, conformándose en el defecto con una muy alta presencia y por lo tanto, el defecto superficial con mayor responsabilidad en la pérdida de calidad, apariencia y aspecto de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

La **Exposición de agregado grueso** se constituye como el defecto superficial con una alta aparición en un 75% en los elementos evaluados, representando el tercer defecto a considerar. Estos ocurren cuando el agregado presente en la mezcla queda sin ningún recubrimiento de mortero, generalmente por la segregación de los materiales. La mayoría de este defecto se localiza en las tres secciones de los elementos evaluados por lo tanto su presencia es relevante ya que perjudica a las envolventes en su totalidad, lo que se refleja en los resultados.

Otro defecto observado con una aparición media de un 50% de frecuencia, son las **Líneas de acumulación de finos**, localizadas en la parte superior de los elementos evaluados representando el cuarto defecto observado. Con la misma presencia media 50% de aparición, se ubican en la sección central e inferior los defectos denominados **Fisuras y grietas** y nuevamente aparecen variaciones de color en estas dos secciones inspeccionadas.

El sexto defecto de aparición baja en un 25%, pero igualmente frecuente son las **Burbujas**, apareciendo la mayoría en la sección superior. Y en la parte central e inferior con la misma presencia de un 25% se localiza el defecto superficial designado como **Irregularidad dejada por los tensores**.

Estos siete defectos superficiales son los que aparecen con mayor frecuencia en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente en el Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM. Por lo tanto, teniendo en cuenta el estudio integral de los defectos con mayor frecuencia de aparición, se puede esperar que controlando estos siete defectos, que representan el 38.88% de los 18 defectos considerados en este estudio, se mejore en gran medida la calidad, apariencia y aspecto de las superficies de concreto armado aparente, además, de su durabilidad propiedad fundamental y principal del material aparente. El resumen de los defectos superficiales encontrados en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente se muestra en la Tabla N°18.

La evaluación permitió concluir que las líneas entre capas o juntas frías y las variaciones de color constituyen los defectos de mayor aparición en las obras inspeccionadas, por lo que se establecieron estos dos defectos como los prioritarios en la continuación del estudio, en cuanto a las recomendaciones y observaciones terapéuticas preventivas para atender a estos siete defectos superficiales, con el énfasis en lo indicado anteriormente.

Ante esto, podemos decir que el diseño y ejecución de elementos constructivos de concreto armado aparente con las especificaciones estéticas requeridas será posible, si se sigue un proceso planeado, con materiales y equipos de calidad, mano de obra calificada y una supervisión eficiente. Las tolerancias permisibles para los defectos superficiales del concreto aparente están definidas según el grado de exposición del elemento, la distancia de observación, el tamaño del defecto y el porcentaje del área afectada con respecto al área total.

Según el estudio estadístico realizado, los defectos con mayor frecuencia de aparición en las superficies de concreto armado aparente en Ciudad Universitaria son: Líneas entre capas o juntas frías y variaciones de color [100%], exposición del agregado grueso [75%], líneas de acumulación de finos, fisuras y grietas [50%], y burbujas e irregularidad dejada por los tensores [25%], si reducimos alguno de estos siete defectos superficiales durante el proceso constructivo, mejoraremos nuestros resultados arquitectónicos y minimizaremos el impacto social y humano, económico y medioambiental a nuestras sociedades.

Debemos mencionar que no se localizó la presencia de los defectos superficiales como rebaba en la parte superior y defectos de modulación en la parte central e inferior, resaltando que si es posible mantener la ausencia de estos y superar nuestro proceder para eliminar o al menos minimizar la presencia de los demás defectos que afectan a las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

VI.2. Terapéutica Basada en la Prevención.

Existen defectos que por su propia naturaleza tienen una elevada dificultad en sus posibilidades de generarse una reparación o terapia, por lo tanto, consideraremos inaceptables que sucedan en nuestros resultados arquitectónicos los siguientes defectos o las siguientes circunstancias que podrían ocasionar defectos superficiales importantes de prevenir, entre estos tenemos:

- La falta de conformidad entre el diseño especificado y el resultado arquitectónico. Considerando que el diseño se encuentra con todas sus especificaciones y detalles necesarios para llevar a cabo una obra arquitectónica de concreto armado aparente, por lo que si existe una incongruencia entre el resultado arquitectónico y las especificaciones o detalles constructivos, además, de que no exista o no se respete la planeación de la obra, estas circunstancias se considerarán inaceptables, ya que podrían ser generadoras de graves defectos superficiales en los cuales su reparación sería difícil y costosa.
- Reparaciones visibles, es inaceptable que se efectúen reparaciones en las que se vean los resanes como parches en la superficie, la reparación debe ser analizada y efectuada de forma correcta en la cual no se perciban sus resultados.
- Las grietas, especialmente las activas y que se generan luego de ejecutado el curado, estas podrían provocar defectos estructurales con graves consecuencias, por lo tanto serán inaceptables y se deberán prevenir atendiendo los estados por los cuales pasa el material.
- La excesiva cantidad de vacíos, serán inaceptables porque las reparaciones elevarán el costo de la obra, por lo tanto, se perjudica al usuario y al medio ambiente, al primero por gastos anticipados que no se tenían contemplados y al segundo por utilizar nuevamente materias primas y materiales de larga durabilidad desperdiciados.
- Se deben prevenir las superficies con marcadas diferencias de tonalidad y bordes irregulares, además de las juntas visibles que veremos en el siguiente punto, las texturas no uniformes y las manchas de óxidos en las superficies, estos defectos son de elevados costos en su reparación, disminuyen la calidad, apariencia y durabilidad de las superficies de concreto armado aparente y podrían llegar a ser muy complicadas y difíciles de remediarse con las técnicas y tecnologías locales, por lo tanto, es preferible ejecutar con óptimas condiciones y aprovechar el material desde el comienzo, evitando así costos previsibles.

VI.2.1. Prevención Frente a las Líneas entre Capas o Juntas Frías.

Las líneas entre capas o juntas frías son discontinuidades resultantes de una demora en la colocación del concreto, que impide una unión óptima del material en dos vaciados sucesivos. Consideraremos relevante hacer hincapié en el diseño de las uniones entre capas, estas deben involucrar desde la concepción de la obra a las cimbras, evitando así, este defecto superficial importante de prevenir, ya que además podríamos diseñar y ejecutar las coincidencias entre juntas y dilataciones, especificando y planificando el vaciado modulado y estructurado en base al diseño.

El diseño de las juntas de las cimbras o uniones entre cada capa de concreto vertida, son de vital importancia para la superación de un proyecto de concreto armado aparente, ya que lo definimos a través de la muestra como el defecto de mayor presencia en las envolventes arquitectónicas inspeccionadas y evaluadas, y por lo tanto, el culpable de la reducción en la calidad, aspecto, apariencia y durabilidad de estas por su mayor frecuencia de aparición. Para reducir este defecto superficial debemos de diseñar de una manera racional y económica, considerando las uniones como los eslabones más débiles de todo el conjunto. El diseño y ejecución de las juntas es, por tanto, de mayor importancia y relevancia al momento de escoger y proyectar con concreto armado aparente.

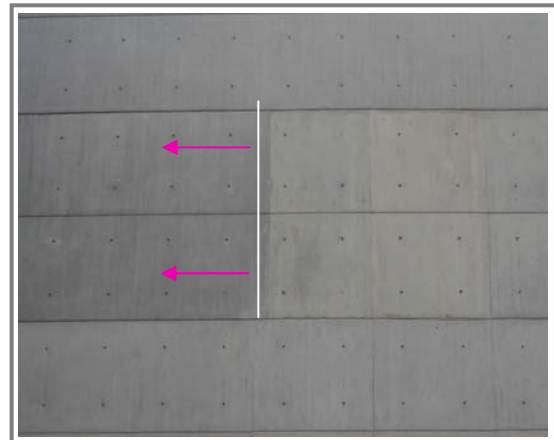


Figura N°117. Para prevenir las juntas frías estas se deben de planificar desde el estado fresco del material y preocuparse de que coincidan con las cimbras para que la apariencia se vea uniforme, generando una calidad acorde a las posibilidades potenciales que nos proporciona el material, su tecnología y técnicas utilizadas.

Al emplear juntas diseñadas desde la concepción de la obra arquitectónica, se establecen estrategias de prevención del presente defecto superficial y de la generación de fisuras y grietas, defecto superficial dentro de los siete que pretendemos minimizar a través de la prevención, por lo tanto, será un método efectivo para impedir la formación de fisuras desagradables a la vista y la formación de juntas frías indeseables en la longitud o superficie de las envolventes arquitectónicas.

Deben diseñarse para acomodarse a los movimientos locales de los paneles de las cimbras, estas uniones o juntas se considerarán como parte integral en el tratamiento de superficies de concreto armado aparente, por lo tanto se recomienda que se trabajen en forma simple, considerando el tamaño de los elementos constructivos, las características y dosificaciones de los materiales utilizados, las superficies adyacentes y las tolerancias o juntas de dilatación de la edificación, estas últimas son importantes de conocerlas y diseñarlas apropiadamente, y finalmente de manera fundamental es primordial planificar y respetar los tiempos de colocación entre cada colado y no cambiar el distribuidor de la mezcla, ya que esto cambia de forma radical la tonalidad y calidad de los materiales constituyentes.

El diseño deberá incluir la cantidad, tipo o características de las juntas o uniones posibles, ya que esto dará como resultado un costo inicial más bajo y posiblemente un costo de mantenimiento menor. Las dimensiones óptimas de los paneles de las cimbras deberán determinarse por las condiciones de montaje y las limitaciones de peso y tamaño para su manejo y transporte. Es más económico seleccionar paneles grandes y diseñar las juntas y selladores que permitan los movimientos relativos entre ellos.

Siguiendo el patrón que se establece para las envolventes arquitectónicas que utilizan prefabricados de concreto aparente, en estas se recomienda diseñar las juntas marcándolas fuertemente, punto que debemos considerar en el diseño del vaciado en sitio, para prevenir las juntas frías y preocuparnos de respetar el patrón de diseño establecido con anterioridad en los planos y especificaciones técnicas. Si el diseño exige que la superficie sea lisa, las juntas pueden estar disimuladas mediante una unión estrecha y un sellado al ras. Un adecuado tratamiento de juntas se puede conseguir mediante el moldeo de los bordes del panel con un pequeño bisel en los primeros 20 ó 25 milímetros a partir de las esquinas.

Para prevenir las juntas frías la literatura recomienda que el concreto sea vaciado en forma continua, si el concreto tiende a sangrar y segregarse se deberá utilizar un asentamiento bajo, debiendo para esto tener el equipamiento necesario en la obra y efectuarse con ellos las pruebas pertinentes que nos determinan las características necesarias. Se recomienda una colocación que no se exceda de 6 a 9 metros alrededor del perímetro de la envolvente.⁹⁴

El curado debe comenzar inmediatamente después de acabado. Las cimbras deben permanecer durante siete días o tanto tiempo como sea posible, como también para prevenir las juntas frías

⁹⁴ NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION. *¿Qué, por qué y cómo? Grietas en las paredes de concreto de los sótanos.* El concreto en la práctica. U.S.A., 1978.

es importante evitar el fraguado anticipado con las medidas necesarias de protección y prevención, como también evitar cambios en la calidad y tipo de materiales utilizados, ya que cada empresa tiene diferentes tonalidades de cementos y los agregados varían dependiendo de su localización.

VI.2.2. Prevención Frente a las Variaciones de Color.

La falta de uniformidad en el color o en el matiz de la superficie exterior de concreto armado aparente es el segundo defecto que definimos preocupante en la reducción de calidad, aspecto y apariencia de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. Podemos prevenir en primera instancia los cambios en la coloración con el cuidado en los tiempos de mezclado y colocación. Como también el no cambiar los materiales constituyentes ni el distribuidor de los mismos ya que provocarían coloraciones diferentes en las superficies. El ineficiente o escaso conocimiento en la utilización de adiciones o aditivos puede generar un cambio de tono o definitivamente una coloración incongruente con el diseño original.

Factores que influyen en la decoloración o cambios de color son: el empleo de cloruro de calcio para acelerar el fraguado, la variación en el contenido de álcali del cemento o una alta presencia de este, la hidratación demorada de la pasta de cemento, las adiciones y los aditivos, las superficies demasiado afinadas, el curado inadecuado, las prácticas de construcción y de acabado que provocarían variación de la relación agua/cemento y los cambios en la mezcla de concreto.⁹⁵

Para minimizar la variación de color, se recomienda:

- Minimizar la utilización de cementos con elevado contenido de álcalis, como también de cloruro de calcio y aditivos que lo contengan.
- Estudiar en profundidad el tipo de cimbras a utilizar, ya que diferentes absorciones nos darían variaciones de color considerables, además de la utilización de diferentes agentes descimbrantes también provocarían variaciones de color.
- El ambiente circundante debe ser parte activa no agente agresor durante el desarrollo del proceso constructivo, por lo tanto, se deben proteger y prevenir las superficies de concreto armado aparente en caso de que el ambiente acelere los tiempos de fraguado y los curados.
- El adelantar el acabado, como también una vibración excesiva, modifica la relación agua/cemento y por lo tanto genera cambios en los tonos de las superficies externas.

⁹⁵ Ibid.

Para atender a superficies con variaciones de color, la experiencia ha demostrado que lavados con agua caliente y cepillo funcionan efectivamente, o con una solución diluida con concentración del 1% de ácido hidroc্লórico [muriático] o una solución diluida con concentración del 3% de ácidos más suaves como el ácido acético o ácido fosfórico.

Al utilizar ácidos se debe humedecer la superficie de concreto armado aparente previniendo la penetración de estos, debiendo enjuagar la superficie luego de 15 minutos de su aplicación, con agua limpia y retirando todo el ácido utilizado. El empleo de una solución acuosa de un 20 a un 30% de citrato de amonio [238 gramos en 1 litro de agua], ha resultado ser un tratamiento muy efectivo ante las variaciones de color según la Portland Cement Association [PCA] para casos severos. Aplicando la solución a la superficie por 15 minutos, formándose en la superficie un gel blanco que debe ser diluido con agua y cepillado, luego se retira por completo, volviendo a aplicarlo si fuese necesario. Es importante mencionar que se debe ensayar la utilización de ácidos en las superficies para anticiparse a cambios aún más severos en las superficies.⁹⁶

Cuando en la superficie del concreto aparente aparece una capa de materiales muy finos se dice que hay generación de polvo. Para proteger el concreto de la suciedad se requiere efectuar una limpieza periódica, de manera similar a lo que se realiza con estructuras de otro tipo de materiales, evitando las variaciones de color que puedan provenir de los escasos mantenimientos que se realizan a las envolventes arquitectónicas inspeccionadas.

Entre los métodos de limpieza pueden señalarse los siguientes:

- Rociado con agua: aplicado generalmente para eliminar los depósitos del polvo, con el aporte de chorro a presión y el uso de cepillos de cerdas.
- Soplado de arena a presión en seco: este procedimiento reemplaza al anterior con efectividad. Sin embargo, no es aplicable en agregados gruesos expuestos o en concreto con detalles, existiendo además riesgo de deterioro.
- Soplado de arena húmeda a presión: esta técnica es similar a la anterior con efectividad. Sin embargo, no es aplicable a las mismas restricciones del procedimiento anterior.
- Soplado de arena húmeda a presión: esta técnica es similar a la anterior y pese a que teóricamente ofrece ventajas es poco utilizada por problemas de operación.
- Limpieza química: constituye el método más eficaz, pero se requiere una selección cuidándose del agente limpiador y trabajadores especializados en las técnicas de limpieza, a fin de evitar el deterioro de la superficie.

⁹⁶ Ibid.

Los sistemas de limpieza son conocidos y generalmente a cargo de contratistas especializados. Sin embargo, existen recomendaciones que garantizan buenos resultados que se deben tener en cuenta, estas son:

- Ensayar el producto y método seleccionado en áreas poco visibles.
- Iniciar la limpieza sobre superficies secas.
- Proteger las superficies de concreto vecinas.
- Repetir la operación si es necesario.
- Terminar la operación lavando con agua limpia.
- Apreciar los resultados cuando la superficie se encuentre seca.



Figura N°118. Variaciones que podemos prevenir en las envolventes arquitectónicas con una elección correcta de los materiales constituyentes, sus dosificaciones y mezclados, el diseño, la planeación y el mantenimiento necesario.

Por otra parte, es significativo considerar y darle importancia al escaso o insuficiente estudio de las formas arquitectónicas que se construyen en la mayoría de nuestras ciudades con miras a su mantenimiento, reflexionando acerca de que la limpieza sobre todo en atmósferas a menudo cargadas de polvo y humedad, es hoy una necesidad fundamental para prevenir las variaciones de color en las superficies de concreto armado aparente. Conjuntamente, con el cuidadoso examen en la exposición de la obra arquitectónica al ambiente circundante, como también el recorrido del agua de lluvia y los resanes eficientes en las uniones de los elementos constructivos, deberían permitir mejorar considerablemente el comportamiento de una superficie de concreto armado aparente ante el envejecimiento y por lo tanto, prolongar su vida útil búsqueda fundamental de la presente investigación.

VI.2.3. Prevención Frente a la Exposición de Agregado Grueso.

Por lo general, este tipo de defecto superficial se produce básicamente por un inadecuado vibrado del concreto. La exposición del agregado grueso depende directamente de una segregación, puesto que este defecto es el manifiesto del problema. Intervienen en este defecto factores como la calidad del concreto y sus elementos constituyentes, en cuanto a sus granulometrías, al tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la manejabilidad. Como también factores durante la puesta en obra, como son los tipos de cimbras, el modo de vertido o vaciado,

la vibración, y la cadencia o el ritmo de la colocación de la mezcla. En general un estudio previo y planificado del proceso constructivo del concreto armado aparente puede permitir evitar todo tipo segregación y en consecuencia prevenir la exposición del agregado grueso, este defectos superficial de alta presencia.

Se recomiendan los siguientes pasos para ejecutar una terapia sobre este tipo de defecto superficial:

- Retirar todo material dañado, procurando no dejar elementos sueltos ni polvo que impidan una buena adherencia.
- Limpiar las barras de acero, quitando las lechadas y otros elementos adheridos sobre su superficie.
- Dejar la superficie de concreto, en lo posible, con una forma regular (recta).
- Aplicar un puente de adherencia epóxico, que tenga un post life (tiempo de trabajabilidad para el tratamiento) suficiente, que permita colocar la cimbra cuando fuese necesario y colocar el mortero, concreto o producto de reparación.
- Colocar cuando es necesario, una cimbra altamente estanca. En caso de superficie vertical dejar, sobre el nivel de reparación, unos 10 a 20 cm, de modo que el mortero rellene toda la superficie a reparar. Posteriormente, el exceso de material debe ser removido.
- Aplicar el mortero de reparación, el cual debe tener una resistencia igual o superior a la del concreto a reparar. Para ello existen productos preparados, con base cementicia o epóxica, los cuales poseen altas resistencias iniciales y finales, sin retracción.
- Son muy usados en este tipo de reparaciones los morteros grouting, por su alta resistencia y fluidez, los cuales son mezclados, para este uso, con gravilla limpia y graduada, en proporción de 20 a 40% con respecto al contenido del envase.
- Procurar un adecuado vibrado, haciendo que el producto rellene todas las cavidades y salga el aire de la mezcla.
- Finalmente, desbastar los excesos sobre la superficie.

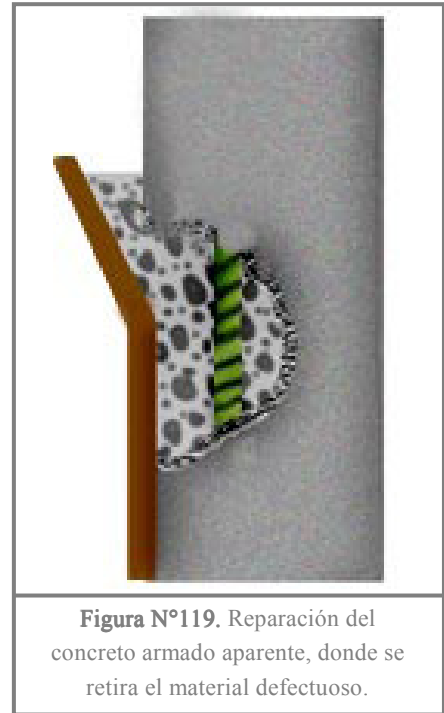


Figura N°119. Reparación del concreto armado aparente, donde se retira el material defectuoso.

VI.2.4. Prevención Frente a las Líneas de Acumulación de Agregados Finos.

El defecto superficial denominado líneas de acumulación de agregados finos, corresponde a estrías que se producen cuando se filtra a través de las cimbras la pasta dejando salir una concentración de granos de arena a lo largo de dicha cimbra. Este defecto se presenta con una aparición media de un 50% en las envolventes arquitectónicas inspeccionadas y evaluadas, y por lo tanto sería significativo minimizarlo para el beneficio de los capitales social y humano, económico y medioambiental en una construcción sostenible. También a veces se produce este defecto a partir de la separación de las mezclas que han sido mal concebidas o deficientemente mezcladas, o inclusive por la ineficiente consolidación o ejecución del vibrado.

Para asegurarse de que el problema no se produzca se debe verificar que las cimbras sean lo suficientemente estancas, acorde al diseño arquitectónico el cual debe ser específico y claro de ejecutar para que el resultado final sea congruente con lo proyectado. Además, las mezclas deben estar bien consumadas, ya sea con la homogeneización de los materiales constituyentes y sus dosificaciones.

Asimismo, debemos verificar si es conveniente para reducir este defecto la incorporación de adiciones y aditivos, los primeros como material complementario de cementación y para disminuir el sangrado. Y los aditivos como inclusores de aire, reductores de agua y modificadores de viscosidad para mejorar la trabajabilidad y disminuir igualmente el sangrado. El concreto armado aparente con aire ocluido es más cohesivo y sangra menos que el concreto sin aire incorporado.

VI.2.5. Prevención Frente a las Fisuras y Grietas.

Ante procesos de fisuración visible se puede proceder del siguiente modo:

- Estudiando las fisuras y grietas, determinando las características expresadas en el capítulo IV, y enunciando hipótesis al respecto sobre sus causas que serán analizadas con el fin de descartar aquellas que no se ajusten a los resultados de la inspección y del análisis.
- Si fuera posible a partir del análisis de la inspección visual se determinarán las causas de la fisuración. Si los estudios realizados permitieran descubrir las causas se procederá a su reparación. Si por el contrario no se pudiera llegar a una conclusión sobre el origen de estas se vigilará la evolución de la lesión y se proseguirán a los estudios correspondientes.

La retracción por secado es una de las principales causas que ocasionan este defecto superficial, esta se puede reducir usando menos agua en la mezcla y un mayor tamaño máximo de agregado posible. Se puede lograr un menor contenido de agua utilizando un agregado bien graduado, una consistencia más rígida y una mayor temperatura inicial del concreto, como también con la incorporación de aditivos a la mezcla. El concreto puede soportar mayores deformaciones por tracción si la tensión se aplica lentamente; por lo tanto, es recomendable impedir el secado rápido del concreto, utilizando para esto compuestos de curado, aún después de un curado normal con agua durante el tiempo establecido.

Es de responsabilidad del equipo de personas que intervienen en el proceso constructivo el desarrollar diseños eficientes y requisitos claros y específicos e incluirlos en las especificaciones del proyecto. Para asegurar resultados satisfactorios tanto para el propietario como para el equipo, adicionando inspecciones periódicas ya sean por parte del propietario, o del equipo que ejecutó la obra arquitectónica o a través, de un servicio de inspección calificado que garantice que la construcción se realiza conforme a la manera en que fue presupuestada. Sin un compromiso firme y total de confirmar las características y el grado de performance especificados, es muy probable que los resultados obtenidos no sean los deseados. Si se aplican correctamente los procedimientos constructivos y se respetan los tiempos requeridos, se podría tener una influencia efectiva en lograr concretos de alta calidad con mínima fisuración.

VI.2.6. Prevención Frente a las Burbujas.

Al momento de mezclar el concreto se generan burbujas de aire, las cuales quedan atrapadas en el concreto fresco a razón de un 5 a un 20% de su volumen, según su grado de fluidez. Ahora bien, si además el concreto es compacto (mezcla espesa), y empleamos un método de vibrado manual, se generan nuevos espacios de aire mayores y vacíos que forman peligrosos huecos que solo sirven para debilitar el concreto; hay que considerar que técnicamente hablando, por cada 1% de vacíos remanentes dentro del concreto endurecido, la resistencia de este se reduce entre un 4 y un 7%.

Sin embargo, muchas veces por razones como la impermeabilidad o la resistencia al congelamiento que se le quiere transmitir al concreto endurecido y dentro de estrictas limitaciones, se proyectan concretos con aire intencionalmente incorporado, lo cual es logrado por medio de aditivos químicos. Este tipo de técnica conlleva a obtener un mejor deslizamiento de las partículas entre sí, lo que confiere mayor fluidez al concreto, función propia del agua dentro de la mezcla; por lo tanto la incorporación de aire permite reducir una parte proporcional

del agua y como sabemos, una menor cantidad de agua trae como resultado una mayor resistencia, la cual compensará de alguna forma el debilitamiento producido por la mayor cantidad de aire incorporado.

Con un eficiente vibrado se reducen en gran medida las burbujas de aire, ya que generamos una mezcla más fluida y licuada, la que logra cubrir los espacios de manera uniforme, permitiendo minimizar dos defectos importantes de considerar, dentro de los defectos superficiales que se pudieran presentar en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. La idea de un vibrado eficiente es que las burbujas de aire asciendan dentro de la masa del concreto fresco y salgan al exterior, con lo cual se eliminarán en el ambiente, homogenizando la mezcla ya que la mezcla se introduce y presiona entre los agregados más gruesos; si quedan burbujas de aire, serán las de menor tamaño y menos perjudiciales, ya que las mayores son removidas con mayor facilidad por su capacidad de flotar dentro de la masa. El aire cercano a la fuente de vibración es expelido antes que el que se encuentra en los puntos más alejados de su radio de acción.

La acción vibratoria debe ejecutarse por un periodo de entre 5 a 15 segundos o un promedio de 10 segundos para mezclas de concretos de entre 2.5 y 7.5 centímetros de profundidad; este proceso sin embargo, debe continuarse si es necesario, hasta llegar a los límites aceptables, y el concreto adquiera una densidad compatible con la resistencia u otras condiciones requeridas por el proyecto constructivo.

VI.2.7. Prevención Frente a la Irregularidad Dejada por los Tensores.

Debemos diseñar las cimbras de forma que permitan depositar el concreto lo más directamente posible en su posición final y ser capaces de realizar la inspección, comprobación y limpieza de estas y de las armaduras, sin demora.

Se dispondrán de aberturas y tensores en las cimbras que se reflejarán en el concreto armado aparente, por lo que estos deberán ser cuidadosamente ajustados y trabados para que se respete estrictamente la geometría indicada en los planos. El número y ubicación de los tensores deberá ser el adecuado para asegurar que las cimbras se ajusten de forma precisa respecto al diseño arquitectónico y estructural, además de permanecer firmes durante la colocación de la mezcla y mientras prosiguen las operaciones subsiguientes dando forma final al material en una obra arquitectónica.

Se deberá limpiar todas las superficies de las cimbras en forma cuidadosa antes de su armado, y lubricarlas con un descimbrante o desmoldante que no manche y que sea el mismo para todas las superficies. Todo descimbrante en exceso será quitado de las cimbras antes de la colocación del concreto, debiendo evitarse que las armaduras de acero y los elementos empotrados se ensucien con el mismo.

Inmediatamente antes de la colocación, se inspeccionarán todas las cimbras para asegurarse que están adecuadamente ubicadas, firmemente aseguradas, limpias, estancas, con superficies apropiadamente tratadas y libres de descimbrante sobrante y de otros materiales, extraños. No se colocará concreto hasta que la cimbra y la armadura hayan sido inspeccionadas, fijándose que la terminación de la cimbra es compatible con la terminación establecida para la estructura.

Los agujeros que resultan en el concreto armado aparente al retirar la parte de los tensores y ataduras que forman parte fundamental de las cimbras, serán rellenados cuidadosamente con mortero de cemento con aditivo expansor y prolijamente terminados. Alternativamente, se puede llenar con un mortero seco, con una mezcla de cemento de 1:3 en cuanto a la relación de arena/cemento.

VI.3. Prevención Superficial.

El método de prevención superficial consiste en crear un recubrimiento impermeable en las superficies del concreto armado aparente mediante: resinas sintéticas, pinturas asfálticas, láminas de polivinilo, etc. Se trata que estos recubrimientos impidan el paso del agua, del oxígeno, del anhídrido carbónico, de los iones cloro, como también de todas las sales agresivas que puedan ingresar al interior del concreto y por consiguiente afectar a las armaduras.

Debemos de recordar que una buena prevención o protección de las estructuras de concreto armado aparente es aquella que utiliza un buen concreto de cemento portland, bien compactado y curado, además de recubrimientos adecuados, diseño, planeación, supervisión y mantenimientos necesarios.

Este recubrimiento que se aplica en las superficies de concreto recién terminadas como también en obras ya existentes tiene varias funciones; por un lado mejora el aspecto estético de ellas, incorporando si el proyecto lo solicita algún tipo de color, brillo, textura o la combinación de ellos, también después de reparar alguna superficie ejerciendo un rol sellante, así como

también para mejorar las propiedades mecánicas sobre algunos materiales, aportando mejor dureza, resistencia a la absorción, etc., pero principalmente el motivo de nuestro análisis de esta prevención superficial es porque actúan como protección ante la corrosión del acero de refuerzo presente en el interior del concreto, y finalmente es importante mencionar que colaboran en la preocupación en cuanto a la prolongación de la vida útil de las obras de concreto armado aparente. Estas mezclas utilizadas para mejorar, sellar, proteger y prolongar las superficies no deben alterar radicalmente la coloración del concreto ni tampoco su aspecto natural. Es necesario que se apliquen no sólo en estructuras expuestas a ambientes agresivos, sino también en lugares donde las estructuras se encuentren en presencia de ácidos acético, oleico, láctico, oxálico, etc. Por lo que se requieren ensayos previos en las superficies en donde serán aplicadas para analizar el tipo de tolerancia y resultados.

Requisitos que deben cumplir los recubrimientos superficiales para considerarlos como aptos para la prevención ante la corrosión del acero de refuerzo:

- Tener presente la profundidad de penetración que logre en la superficie de concreto armado aparente la sustancia que se aplicará.
- La absorción de agua que soporte la mezcla, más bien referido a que sea capaz de impedir el paso de agua al interior del concreto.
- Permeabilidad al vapor de agua, permitir que el concreto respire normalmente.
- Prevenir la entrada de iones cloro que puedan afectar a las armaduras.

Tipos de Recubrimientos Superficiales.

Pinturas y Sellantes.

Productos que forman una película continua y semiflexible sobre la superficie del concreto armado aparente, con poros inferiores a 0,1 milímetros, logrando una superficie exterior impermeable, pero también impide la salida de humedad interna del concreto llegando a arrancar la capa de pintura aplicada, por lo tanto su aplicación sería por un periodo muy corto que se debe analizar.

Para entender este tipo de recubrimiento aplicado en las superficies de concreto y establecer la mejor solución, debemos de conocer que la diferencia entre barnices y pinturas es que los primeros no poseen pigmentos, por lo tanto, no nos darán color en la superficie, pero si un brillo, un semi-brillo o hasta superficies mates, como también que la diferencia entre

pinturas y sellantes, radica en la penetración de estos, ya que las pinturas logran como máximo 2 milímetros y los sellantes hasta 20 milímetros de penetración. Decíamos que estos recubrimientos no permiten como primer objetivo que el concreto respire pero se debe señalar que al incorporar disolventes hacen que estos sean permeables ligeramente, y logren mejorar el objetivo inicial, pero su efectividad a la penetración de sustancias agresivas baja considerablemente.

Las pinturas o sellantes se aplican en capas ya sean delgadas entre 100 y 300 micras, y gruesa de 1 milímetros como mínimo de espesor. Reducen la carbonatación, considerando que la moléculas de CO₂ son superiores a la moléculas del agua, podemos lograr membranas selectivas de pinturas en capas delgadas que dejan que las superficies respiren, filtrando el acceso de dichas moléculas. Como también reducen la penetración de iones cloro, sulfatos, formación de hongos, líquenes y bacterias, pero no permiten el secado del concreto húmedo, y además podrían alterar su aspecto exterior si no se realizan pruebas que demuestren los resultados a obtener.

Las superficies a proteger deben estar sanas, compactas, limpias, homogéneas, lisas y secas, para aplicar estos recubrimientos superficiales, los cuales deben soportar el movimiento de fisuras entre 0.1 y 5 milímetros y ser compatibles con los álcalis del cemento. Pueden tener una base de resina epóxica, de poliuretano, acrílico, poliéster, vinílica, alquídica, etc., o de clorocaucho, butaratos, butuminosa, oleoresinosa, etc.

Algunos autores recomiendan los diluyentes por no evaporarse, las mezclas de pinturas o sellantes se les puede incorporar plastificantes, catalizadores, retardantes de llama, fungicidas, etc., si se determinara necesario. Cuando llevan disolventes se debe esperar 24 horas entre cada capa. El aceite de linaza es la pintura oleosa más utilizada.

Hidrófugos.

Productos aplicados en la superficie del concreto los cuales forman una película muy fina que se adhiere a ella sin cerrar los poros. Su función es repeler el agua, impidiendo que esta sea absorbida por el concreto en poros de hasta 3 milímetros de abertura.

Los Hidrófugos cambian el ángulo de contacto de las partículas de agua con la superficie de la película de producto aplicado haciéndolo mayor de 90°, dando lugar a que el agua no moje la superficie del mismo sino que forme una gota esférica que tenderá a caer cuando esté en una

superficie vertical o inclinada. Sus características son: que reducen la absorción de agua y de sales solubles. Como también que permite que el concreto “respire”, no alteran el aspecto del concreto y es permeable al anhídrido carbónico y a gases nocivos que causan la carbonatación.

Su aplicación puede ser en superficies lisas o rugosas, cerradas o porosas. Los productos más utilizados son:

Siliconas orgánicas. Formadas por polímeros en cuya molécula entran átomos de silicio, oxígeno e hidrógeno que se emplean diluidos en agua o en un disolvente orgánico que al evaporarse deposita el polímero en las superficies de los poros. Pueden ser los siliconatos, silanos, siloxanos y resinas de silicona.

Siliconatos. Se diluyen en agua o en mezcla agua y alcohol. Generalmente a los 10 minutos se presenta su carácter hidrófugo. Luego de su aplicación debe protegerse de la lluvia por lo menos 24 horas.

Silanos. Se utilizan puros o diluidos en trementina o en etanol. Demora días en adquirir su carácter hidrófugo. Toxicidad de los compuestos volátiles. Casi siempre se emplean formando compuestos como el isobutiltrimexisilano o el metiltrimetoxisilano. Se utilizan para impregnar concretos nuevos. Presentan más durabilidad en comparación a las siliconas.

Siloxilanos. Polímero intermedio entre los silanos y la silicona. Gran tamaño de sus moléculas, por tanto su poder de penetración en el concreto es menor que el de los silanos.

Resinas de Siliconas. Actúan como repelente al agua. Se polimerizan mediante la evaporación de un disolvente. Se absorben fácilmente si el concreto está seco. Son las que tienen menor vida útil (1-2 años).

Impregnantes.

Son resinas que forman una película sobre la superficie de los poros del concreto dando lugar a un estrechamiento e incluso al cierre de estos. Su Función es conformar un sistema que cortan o frenan la penetración de agua y disoluciones en el concreto sin impedir el escape de la humedad interna del material.

Su aplicación es sobre superficies lisas o rugosas; cerradas o porosas. Los productos más utilizados son:

Metacrilato de Metilo. Baja viscosidad, no contiene disolventes. Resistente al agua, ácidos, álcalis, aceites, grasas, petróleos, etc. Al agregarle peróxido de benzoilo forman una capa resistente al CO₂. Esta resina debe aplicarse antes de los 20 minutos.

Resinas Epoxi. Son las más utilizadas debido a su facilidad de manejo. Resistente a los álcalis y al agua. Los sistemas sin disolventes tienen menor poder de penetración.

Obturadores de Poros.

Productos que penetran en los poros y reaccionan con los componentes del concreto, cerrando estos poros. Los productos más utilizados son:

Silicatos y Fluosilicatos. Reaccionan con la cal liberada en la hidratación del cemento dando lugar a un gel de silicato cálcico o un fluosilicato de cal insoluble. Se emplea el vidrio líquido o silicato de sodio y potasio que penetra por capilaridad aplicado con pincel y rodillo sobre la superficie seca. Se introduce hasta el fondo de las fisuras o poros abiertos, cerrando la fisura de adentro hacia afuera, restableciendo la resistencia mecánica del concreto.

Resinas Epoxi y acrílicas. Penetran en los poros y forman compuestos sólidos dentro de ellos. Endurecimiento superficial del concreto. Mejoran la resistencia a la abrasión.

Sistema de Ocratización. Se emplean con poros de tamaño reducido o con fisuras no superiores a 0,2 milímetros. Se introduce un gas (tetrafluosilicato) a presión en los poros o fisuras. Reaccionan con la cal liberada en la hidratación del cemento.

Revestimientos Gruesos.

Se utilizan en superficies que queden muy expuestas ya sean mecánica o químicamente, los materiales con los cuales se realicen pueden ser: butuminosos, vinílicos, neopreno, clorocaucho, epoxi-brea, morteros epoxi, morteros de poliéster, furánicos, fenólicos, cementos especiales, resinas termoestables reforzadas con vidrio, etc., aplicándose en la mayoría de los casos con llana, dependiendo del ambiente al queden expuestas las superficies, se deben realizar ensayos para verificar su comportamiento óptimo y cumplimiento de los objetivos.

CONCLUSIONES

REFLEXIONES FINALES. CONCLUSIONES.

*Paradójicamente un concreto bueno y uno malo están constituidos por los mismos materiales, la diferencia radica en cómo están hechos.*⁹⁷ Adicionaría a esta frase: además del pensamiento y del trabajo en conjunto desde la concepción, el diseño, la planeación, la supervisión y el mantenimiento de dicho concreto, acorde con las tecnologías que giran en torno a él y las técnicas que logran su realización en obras o resultados arquitectónicos, aprovechando sus propiedades potenciales, transformándose en un todo que funciona con un único fin, la construcción sostenible a través del pensamiento tecnológico y técnico del material utilizado.

Durante el inicio del planteamiento de la presente investigación no se tenía contemplado realizar pruebas de campo en las envolventes arquitectónicas. Sin embargo, después de haber investigado el tema en libros y revistas especializadas, se fueron encontrando diferentes posibilidades para conocer y reconocer los defectos superficiales presentes en dichas envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente. A través de una inspección visual, se lograrían determinar los defectos superficiales que debemos prevenir. Fue así, como se empezó a dar forma al planteamiento de la investigación, considerando las condiciones propias que imperaban en el medio circundante. Las pruebas de campo que se diseñaron para generar la inspección visual, su evaluación y la terapia de prevención fueron a través de cédulas confeccionadas para esta ocasión, ya que si realizáremos un estudio de campo de una obra en particular habría que considerar otras variables que puedan ayudarnos a comprender y generar la terapia más idónea. Como en este caso la necesidad primordial se definió como la determinación de los defectos de aparición más frecuentes que se producen en las envolventes arquitectónicas del Campus Central de Ciudad Universitaria, entonces la evaluación y terapéutica va dirigida a los análisis o evaluaciones de la muestra no a cada obra en particular.

El concreto es uno de los materiales más técnicos para ejecutar obras arquitectónicas y, como cualquier material, las construcciones con este deben de estar proyectadas y construidas de manera que se aprovechen sus propiedades potenciales. Además, de considerar las condiciones de uso, ambientes que rodean a la obra, la elección de sus materiales constituyentes, el diseño arquitectónico y estructural, la ejecución y los mantenimientos necesarios, ósea todo su proceso constructivo, permitiendo con esto, asegurar una respuesta adecuada a la acción y el desgaste del tiempo. No obstante, un inadecuado proceso

⁹⁷ NEVILLE, Adam M., Tecnología del Concreto, IMCYC, 1998.

constructivo, hacen que en el corto, mediano y largo plazo, puedan presentarse defectos superficiales que debemos de prevenir y evitar, para el planteamiento de inversiones arquitectónicas a largo plazo y beneficios en los tres capitales que se quieren fomentar.

Debemos afirmar y sostener que la utilización responsable de los recursos y las materias primas con las que se fabrica el cemento, el concreto y finalmente nuestras obras arquitectónicas es un tema actual, y necesitamos involucranos en aquello para beneficio de la construcción sostenible, ya que los materiales de construcción y en general el sector de la construcción contribuyen de manera importante al deterioro del planeta en sus distintas fases, ya sea la extracción y fabricación de los primeros, el diseño de la edificación y de sus instalaciones que influyen decisivamente en el rendimiento energético de la misma, la gestión de la obra y los residuos que los materiales y el sector generan. Por esto, es necesario asimilar el impacto social y humano, económico y medioambiental desde un principio, la idea es tener un control de lo que aprovechamos o explotamos [recursos], lo que utilizamos [gastos energéticos], y lo que por otra lado expulsamos ya sean en emisiones contaminantes y residuos, además de considerar el aprovechamiento del patrimonio edificado en su totalidad o al menos prolongar la vida útil de las edificaciones a través del cumplimiento “correcto” de su proceso constructivo.

Corresponde hacer frente a un cambio en la forma de enfrentar un proyecto arquitectónico de concreto armado aparente y establecer metodologías prácticas para una terapia de prevención ante defectos superficiales que se presentan en estas, cuando su comportamiento sea indeseable, perjudicando su calidad, apariencia, aspecto y durabilidad. Se trata de fomentar una construcción sostenible a partir de la prolongación de la vida útil de nuestras edificaciones, y es aquí donde son de vital importancia nuestras intervenciones frente a este tipo de proyectos arquitectónicos, considerando además, futuras aplicaciones del concreto como reutilizaciones y reciclajes de sus elementos constructivos cuando acaban su ciclo de vida.

Si respondemos al principio de sostenibilidad expuesto por Bryan Edwards,⁹⁸ acerca que debemos de aprender de la naturaleza y considerar nuestras obras arquitectónicas como especies y a las ciudades como hábitats, entonces podremos mirar diferente a una obra arquitectónica, la cual se debe cuidar, proteger y mantener. Si se diagnosticara una enfermedad se resuelve proporcionando lo necesario para corregirla y prevenirla, y que esta no afecte sus características “genéticas”, ni su desarrollo arquitectónico. Las obras arquitectónicas de concreto armado aparente deben permanecer y mantenerse sin problemas durante su vida útil,

⁹⁸ EDWARDS, Brian. *Guía básica de la Sostenibilidad*. 2^{da} Ed. Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 2008.

en la medida que se desarrollen, deterioren y envejezcan normalmente, por lo tanto, debe ser capaz el material y la estructura de soportar cambios y responder al principio por el cual fue creado, un material de extensa vida y una estructura con óptimas y eficientes propiedades potenciales.

En los últimos años hemos asistido a una abundante actividad constructora, con un consumo de energía, de recursos y generación de residuos bastante considerable, podríamos pensar en una excesiva ocupación del territorio y no podremos seguir urbanizando nuestro territorio a este ritmo, por lo que la apuesta en los próximos años debe centrarse en el mantenimiento, prevención y porque no decir en la reutilización de la arquitectura con criterios de sostenibilidad. Rehabilitar elementos que presenten algún defecto o fallo presenta múltiples ventajas ambientales, económicas y sin duda sociales y humanas. Apostar por un modelo basado en la rehabilitación y prevención, es optar por la construcción sostenible enfocada básicamente en la reordenación de los principios del proyecto arquitectónico en todo su proceso constructivo.

En México la expansión de la ciudad, el crecimiento de la población, el desarrollo de colonias, son fenómenos que se registraron a comienzos del siglo XX, dichos fenómenos se reflejaron en la arquitectura y en la ciudad, por lo tanto me inquieta la necesidad de generar instrumentos técnicos que profundicen en la investigación del material y establezcan herramientas que tanto en el presente como en el futuro nos permitan tomar decisiones en base a nuestros problemas arquitectónicos, contextualizados en las condiciones de servicio, ambientes e historia de las estructuras de concreto armado aparente. Esto a su vez motivará el desarrollo de planes de conservación y mantenimientos periódicos de envolventes arquitectónicas con este material, protegiendo así, aquellas expresiones edificadas, que permiten la comprensión sobre el pasado y presente de nuestras ciudades.

Es preciso recordar que la ciudad históricamente se ha construido sobre sí misma, evolucionando en la medida que incorpora nuevos materiales y sistemas constructivos, así como actividades económicas, incluso cambios en la dinámica demográfica y cultural de sus habitantes. Todo esto permite afirmar que lo que hoy caracteriza a los núcleos urbanos, es resultado de un proceso de transformación continuo y en ocasiones casual, por lo tanto el conocimiento y análisis de este material compuesto es fundamental para profesionistas y personas involucrados en el ámbito de la arquitectura y construcción, con el objetivo principal de mejorar y capacitar en cuanto a los requerimientos que cada proyecto requiera, los que impliquen la producción de una superficie particular, ya que en innumeradas ocasiones no se

les atribuye la importancia que deberían tener hasta que entran en conflicto con las ideas del proyecto arquitectónico original, provocando penalizaciones económicas o hasta el incumplimiento de la obra arquitectónica como fue pensada y analizada, generando además deterioros en la misma y en su entorno.

Recapitulando, el concreto armado es el material de construcción más difundido y de mayor uso mundialmente, debido a sus excelentes propiedades físicas y económicas, avalado por su empleo milenario y creciente desempeño en el mundo de hoy y del futuro predecible, donde no hay otro material tan versátil y económico. Éste permite obtener estructuras más durables y de bajo costo al compararse con las obtenidas con materiales equivalentes. Su utilización masiva a nivel mundial y en México, es relativamente reciente, el auge de ellas pertenece al siglo XX, misma época en que surgen cambios en la forma de enfrentar y llevar a cabo la arquitectura frente a la demanda de ella en el siglo que nos antecede.

Los propósitos principales de las visiones mostradas en el presente documento de investigación, es por una parte dar a conocer como se inicia la utilización masiva del concreto armado y como se van desarrollando ciertos conocimientos fundamentales en torno a la tecnología asociada a dicho material compuesto, con la muestra de obras arquitectónicas que de una u otra forma marcan la historia de la arquitectura mexicana, ya que en la medida que logramos el dominio con el conocimiento del concreto armado y sus sistemas constructivos o técnicas utilizadas, nos podemos adentrar en responder a mayores complejidades y dar soluciones frente a los diversos requerimientos que van apareciendo en el desarrollo de nuestras sociedades.

Como segundo propósito es estar al tanto como se dan respuestas a la problemáticas de nuestras ciudades en aquella época, y como arquitectos que adoptan la utilización del concreto armado en sus obras generan proyectos atendiendo a estas problemáticas. Por otro lado, la paradoja que nos enseñaron nuestros antepasados arquitectos del siglo XX, de cómo descongestionar los centros históricos de las ciudades mediante el incremento de su densidad, la técnica y una profunda sensibilidad por los lugares, pero sobre todo atender a aspectos sociales, utilizando por ejemplo, la construcción de edificios altos separados entre sí por amplios espacios verdes y unirlos a través de vías de comunicación y transporte eficientes, dan la impresión de que fueran requerimientos que hoy en día necesitamos, por esto, corrigiendo, optimizando y actualizando la historia que nos precede, haciendo frente además, al fenómeno de que la mayoría de los habitantes del planeta vivimos en un ecosistema urbano y que el mantenimiento es hoy una necesidad imperante, podemos generar respuestas óptimas a las necesidades de hoy y acorde a

las posibilidades potenciales que nos brinda el material. Si el 50% de la población del mundo vivirá en ciudades, fenómeno que seguirá incrementándose, transformándose en un verdadero hito dentro de los acontecimientos de nuestra civilización, debemos entonces plantear estrategias para dar el mantenimiento, prevención y rehabilitación para reutilizar las estructuras de concreto armado aparente que conforman nuestro ecosistema urbano, en beneficio de minimizar el deterioro de la vida del ser humano y de nuestras ciudades. De lo anterior se desprende nuestro interés por valorar la importancia social que manifiestan diversas obras arquitectónicas edificadas, a partir del surgimiento y masificación de ciertos materiales y sistemas constructivos, en especial el concreto armado aparente que nos brinda como profesionistas de este campo una gran versatilidad de formas y capacidades, por lo que es necesario minimizar los defectos que perjudican su comportamiento y desaprovechan su potencial, siendo un material que parece con una historia pasada pero con un futuro prospero que depende de nosotros, de nuestro conocimiento y desarrollo, mediante la utilización de nuestras posibilidades potenciales como la planeación y supervisión al proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlos. Instrumentos que utiliza el *hombre sabio*.⁹⁹

Con esta recopilación, análisis e incorporación de nuevos criterios e interpretaciones podemos superar el actual desempeño de los materiales que constituyen nuestras obras arquitectónicas, haciendo un hincapié en que, solamente, mediante una cuidadosa planeación e inspección sería posible disminuir el número de defectos superficiales en la arquitectura, adicionaría la atención permanente a la tecnología del material y sus técnicas que hacen posible su creación y materialización en una obra arquitectónica que beneficia al ser humano, las sociedades y ciudades.

En nuestro caso la terapia va dirigida principalmente a la prevención por lo tanto, considerando el estudio descrito en los capítulos anteriores podemos saber en qué momento actuar y minimizar así, los defectos superficiales que se presentan frecuentemente en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente, planteando recomendaciones dirigidas a los tres estados que nos interesa atender, disminuyendo dichos defectos, además de superar y elevar el nivel del proceso constructivo. Para evitar y prevenir la presencia de defectos superficiales, se deberán tomar las medidas adecuadas desde el proceso constructivo, considerando fundamental los tres estados del material, poniendo atención en este estudio integral patológico superficial de las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

⁹⁹ Hombre Sabio: capacidad del individuo que lo caracterizan como especie.

Recomendaciones Técnicas Generales para Optimizar Resultados Arquitectónicos de Concreto Armado Aparente.

Para una adecuada prevención de futuros defectos superficiales en envolventes arquitectónicas habrá que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El espesor mínimo de las envolventes arquitectónicas con un sistema constructivo realizado en el sitio de concreto armado aparente debe ser alrededor de 150 milímetros. Es recomendable que si se dispone de armadura en las dos caras su espesor no sea inferior a 200 milímetros, además de respetar el recubrimiento que se proyecta, verificando que el resultado sea congruente con lo especificado y detallado en los planos.
- Debido a la naturaleza masiva de las envolventes arquitectónicas de concreto aparente, se recomienda que estas no se efectúen en ningún sitio en el que puedan ser proclives a un cambio de cargas por parte del terreno, generándose con esto defectos y fallos estructurales.
- Sin inspecciones estrictas, ni un programa de aseguramiento de la calidad y sin una cabal comprensión de los requisitos por parte del equipo que interviene en el proyecto, incluyendo al propietario, es probable que el concreto contenga más agua de la que debería. Un mayor contenido de agua puede retrasar las operaciones de acabado y no permitir que el proceso de curado comience a una edad o tiempos establecidos y por lo tanto, la presencia inevitable de defectos superficiales y probablemente mayores consecuencias.
- Preocuparse de la buena adherencia del producto a utilizar con la superficie que lo recibirá. Es muy importante para lograr los objetivos que se soliciten de concreto armado aparente, realizar pruebas necesarias en los diversos pasos dentro del proceso constructivo.
- Lo más importante es saber de qué queremos proteger nuestras envolventes para obtener buenos resultados, por ejemplo resulta de mayor efectividad frente a la penetración de CO₂, humedad e iones cloro, utilizar hidrófugos y una pintura al finalizar, al utilizar estos elementos en conjunto hacen que se logren mejores y mayores resultados.
- Las fallas en el diseño por cambios introducidos en el mismo sin el conocimiento del proyectista original son de vital importancia, por lo tanto la supervisión y verificación de nuestras proyecciones es un requerimiento que debemos de implementar desde la concepción de la obra arquitectónica.

- La verificación en la etapa de diseño y que este sea coherente con los resultados obtenidos evita defectos y errores que a la larga tienen mayores costos que podemos prevenir, ya que cada centavo adicional que se gaste en el proceso de revisión o supervisión vale la pena, porque en arquitectura las inversiones son a largo plazo y los errores encarecen el proceso, por lo que si los evitamos nuestras inversiones tienen mayores resultados sociales, económicos y medioambientales, sabiendo que estas supervisiones no se establecen a menudo en los contratos de diseño, ni menos se incluyen provisiones al respecto.
- Dibujos, detalles y especificaciones pobres, deficientes, además de poco claras y difícilmente específicas acarrear desde la incubación de la obra defectos que se pueden prevenir con las medidas y responsabilidades necesarias ante los capitales de una construcción sostenible.
- En futuras evaluaciones se podrían incluir en la cédula número 1: inspecciones anteriores, además del historial de la envolvente o de la edificación evaluada. Como también especificar áreas de la construcción si se realizara una evaluación por piso o nivel.

Recomendaciones para el Proceso Constructivo Arquitectónico de Concreto Armado Aparente.

La siguiente Figura N°119, es el resultado del análisis y razonamiento de los conocimientos fundamentales en torno al concreto armado, y además la consecuencia de reflexionar como poder involucrarnos en mejorar la calidad de las envolventes arquitectónicas de dicho material aparente, a través de la optimización y supervisión del proceso constructivo arquitectónico, comenzando por el diseño arquitectónico y estructural teniendo presente cada uno de los elementos constituyentes y como esto pudiera afectar a los tres estados por los que pasa el concreto armado en el proceso constructivo: el **Estado Fresco**, el **Estado Fraguado** y el **Estado Endurecido**. El proceso constructivo arquitectónico propuesto, se podría aplicar para cualquier elemento planteado de concreto armado aparente, estableciendo las características generales y etapas constructivas de dichos elementos, enfocándonos en los tres estados del material con sus tiempos establecidos, siendo estos tres estados los objetivos generales que cada partícipe de la obra debe reconocer. Este proceso estaría inserto en la ruta crítica de la obra en particular. Finalmente la intención es minimizar los defectos superficiales y utilizar las propiedades fundamentales y potenciales del concreto armado aparente, construyendo de mejor manera, a través de una visión organizativa y de un proceso sistemático de actividades que deben funcionar en conjunto desde la concepción, incluyendo el mantenimiento y la disposición final de la obra arquitectónica de concreto armado aparente para una construcción sostenible.

Proceso Constructivo Arquitectónico de Concreto Armado Aparente. Figura 120

Recomendaciones en el Estado Fresco del Concreto Armado Aparente.

La aptitud y características del concreto en este estado será determinante para el resultado final, fundamentalmente debemos de relacionar el tipo de concreto a utilizar y los fines requeridos o solicitados en el diseño arquitectónico y estructural. El diseño apropiado del recubrimiento y el reflejo de este en la obra arquitectónica evita defectos superficiales considerables.

La selección de los materiales, medición o dosificación de estos, el mezclado, respetar los tiempos planificados, mecanismos de transporte y colocación, son acciones fundamentales en este estado del material. Al contar con un equipamiento en obra mínimo, resolvemos en parte el hecho de poder efectuar pruebas necesarias para obtener un óptimo concreto en estado fresco.

Es aquí donde la falta en la definición y planeación de la obra arquitectónica, de sus materiales, la ausencia de los detalles principales, como las juntas en los elementos constructivos que formaran parte del conjunto y los acabados, pueden influir o tener consecuencias considerables en los resultados arquitectónicos. Además de poder prevenir ciertas incompatibilidades entre los materiales o el ambiente al que quedará expuesta la obra arquitectónica. Es en la planeación del proceso constructivo arquitectónico donde se debe analizar la incorporación de adiciones y aditivos paso que pertenece a este primer estado del material, si se adoptan soluciones inadecuadas, y estas no se ajustan a las necesidades del edificio o las condiciones del entorno, se generarán descoordinaciones en algunos de los pasos dentro del proceso constructivo arquitectónico, que obligará a soluciones improvisadas durante el desarrollo e incongruencia entre la concepción de la obra y sus resultados arquitectónicos.

Recomendaciones en el Estado Fraguado del Concreto Armado Aparente.

Es aquí en este estado donde se debe tener especial cuidado con los cambios de temperatura del medio circundante, por la aceleración del tiempo de fraguado. Se debe efectuar un registro de la mezcla, en cuanto a su homogeneidad y estabilidad otorgada por el estado anterior, ambos muy ligados y dependientes entre sí, y que esta mezcla se encuentre en condiciones óptimas para la vibración, para que no se perjudique el recubrimiento ni menos generar defectos superficiales a las envolventes arquitectónicas. De preferencia se recomienda colocar las mezclas en las cimbras una vez fabricadas y mezcladas en los primeros 30 minutos, evitando así las juntas frías, defectos con muy alta presencia en las envolventes arquitectónicas.

Recomendaciones en el Estado Endurecido del Concreto Armado Aparente.

La falta de cualificación del personal es fundamental para este estado ya que dependerá de estos el retiro de las cimbras y la congruencia del acabado con el resultado arquitectónico. Es importante mencionar que cualquier modificación, cambio o replanteo debe ser llevado a una asamblea supervisora o revisora de los tres estados del material, para que se logre la coherencia requerida. Debemos de verificar en esta etapa las condiciones de puesta en servicio de la obra y que estas sean eficientes. La ausencia de mantenimientos iniciales al recubrimiento, las acciones indebidas sobre los materiales y elementos constructivos, los cambios de uso son asuntos que debemos de atender en esta etapa del material ya conformando un resultado arquitectónico.

A partir de la información contenida en la presente investigación es que se obtiene esta herramienta teórica-práctica que busca superar el actual desempeño del concreto armado como superficie de acabado, además de la prevención ante los defectos superficiales de mayor presencia en las envolventes arquitectónicas y promover el mantenimiento necesario de estas, generando una reciprocidad eficiente entre las obras arquitectónicas y las tecnologías y técnicas asociadas a su proceso constructivo arquitectónico. Para alcanzar una construcción sostenible y disfrutar de sus beneficios, no sólo económicos sino también medioambientales, cambiando las actitudes que maltratan el medio ambiente y desperdician los recursos naturales, pensando en una nueva forma de administrar la arquitectura, con inversiones a largo plazo que permitan al país continuar creciendo, pero no a costa del deterioro de la vida del ser humano y de su entorno con la presencia de numerosos defectos superficiales en las envolventes arquitectónicas de concreto armado aparente.

“La arquitectura no es cuestión de imágenes superficiales y transitorias: constituye el telón de fondo de la vida social y está destinada a durar y con el tiempo, hacer una contribución a la memoria colectiva.”¹⁰⁰

...como futuro predecible podemos indagar en nuevas líneas de investigación de cada defecto superficial por separado, realizando pruebas de laboratorio determinando la gravedad de los daños provocados y los medios de para sus tratamientos. Como también, evaluar determinadas obras generando sus rehabilitaciones y reparaciones a corto, mediano y largo plazo, entre otras manifestaciones de este apasionante tema de investigación que continúa escribiendo su historia.

¹⁰⁰ William JR Curtis, (21 de marzo de 1948, en Birchington, Kent, Inglaterra) es un importante historiador de la arquitectura cuyas obras se han centrado en la arquitectura del siglo XX.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros.

ANEFHOP. Manual de Consejos Prácticos sobre Hormigón. Módulo 13089, España, HOP.

ARAI, Alberto T. La Nueva Arquitectura y la Técnica. DAAP, México, 1938. P.12.

ASOCRETO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO. Concreto Arquitectónico: Cómo Obtener un buen Acabado. 3ª Ed. Bogotá. Edit. ASOCRETO. 2003. ISBN No. 3:958-97371-0-2.

ASOCRETO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO. Compactación y Acabado del Concreto. ASOCRETO. 3ª ed. Bogotá: 2003. ISBN No. 3: 958-97371-0-2.

ASOCRETO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO. Concreto Arquitectónico. Bogotá, Colombia. 3ª, Ed. Bogotá. Edit. Asocreto. 2007.

BRANDI, Cesare. Teoría de la Restauración. 5ª Ed.. Madrid, Edit. Alianza, 1996.

BRIAN, EDWARDS. Guía Básica de la Sostenibilidad, 2ª Ed., Barcelona, Edit. Gustavo Gili, 2004.

CALAVERA RUIZ, José. Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado. Tomo 1. 2ª, Ed. España. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, INTEMAC. 2005.

CANNON B., Walter. Citado por Baruch Givoni, Arquitectura y clima. Edit. Gustavo Gili, p.4.

CONCRETE INDUSTRY BOARD. CIB Working Commission W29. Concrete Surface Finishings. Tolerances on Blemishes of Concrete, Report 24; 1971. 8 p.

CASTRO BORGES, Pedro. Infraestructura de Concreto Armado. Deterioro y Opciones de Preservación, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), México, 2001.

CROUS, Antoni y otros. Ciment Català (Agrupación de Fabricantes de Cemento de Catalunya), Memoria de la Sostenibilidad 2007. 2ª ed. Febrero 2008.

EMMONS, Peter H. Manual Ilustrado de Reparación y Mantenimiento del Concreto. Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.S., México, 2005.

ESQUEDA HUIDOBRO, Heraclio. Concreto arquitectónico. Edit. IMCYC México. 1996.

FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. Patología y Terapéutica del Hormigón Armado. 3ª, Ed. Madrid. Colección Escuelas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1994.

FIGUEROA Z. Tatiana y Palacio O. Ricardo. Manual de Construcción en Concreto Arquitectónico para la Ciudad de Medellín. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Antioquia. 2008.

GARCÍA RIVERO, José L. Manual Técnico de Construcción. Cementos Apasco, SA de CV. Fernando Porrúa, Edit. 4ª. Ed. México 2008.

HECHT R., Maurice. Administración Básica Principios y Aplicaciones. Limusa Edit. 4ª Ed. México. 1984.

LYNCH, Kevin. Echar a perder. Barcelona, Edit. Gustavo Gili, 2007.

LYNCH, Kevin, Planificación del Sitio. Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

MARTÍN JUEZ, Fernando. Contribuciones para una Antropología del Diseño. 1ª Ed. México DF, Edit. Gedisa, 2002.

MUNFORD, L. Técnica y civilización. Madrid. Edit. Alianza. 4ª Ed., 1982, p 239.

NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION. ¿Qué, por qué y cómo? Grietas en las paredes de concreto de los sótanos. El concreto en la práctica. U.S.A., 1978.

NEVILLE, Adam M., Tecnología del Concreto, IMCYC, 1998.

NIEVA BAÑO, Antonio y Alberto, VIGIL-ESCALERA DEL POZO. Guía de Construcción Sostenible. Barcelona, España. Edit. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. Nov. 2005. 16 p.

OBREGÓN SANTACILIA, Carlos. 50 Años de Arquitectura Mexicana (1900-1950). México D.F., Edit. Patria, 1952.

PADILLA, J.D.y ROBLES, F. Human Response to Cracking in Concrete Slabs. ACI. S.P. 30. American Concrete Institute. Detroit. 1971.

PIRALLA, Meli. Diseño Estructural. 2da, Ed. México. Edit. Limusa. 2000. p 261.

PUENTE, Moisés. Conversaciones con Mies van der Rohe. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, 2006. 96 p.

PRADO NUÑEZ, Ricardo. Procedimientos de Restauración y Recuperación de Materiales: Protección y Conservación de Edificios Artísticos e Históricos. México, Edit. Trillas, 2000.

ROBBINS Y COTRAN. Patología Estructural y Funcional. 7ª, Ed., Madrid, España. Edit. Elsevier. 2006.

RODGERS, Richard. Ciudades para un Pequeño Planeta. Barcelona, Edit. Gustavo Gili, 2000.

RUANO, Miguel. Ecoturismo Entorno Humanos Sostenibles: 60 Proyectos. Edit. Gustavo Gili, Barcelona, 1999. 7 p.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, Durabilidad y Patología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto. Colombia, 2006.

SAN JUÁN BARBUDO, Miguel Á. y Castro Borges, Pedro, Acción de los Agentes Químicos y Físicos sobre el Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), México, 2001.

TAMAYO Y TAMAYO, Mario. Metodología Formal de la Investigación Científica. 2ª edición, Editorial Limusa S.A., México. 1996.

THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide to Formwork for Concrete. ACI 347-R-03. 2003. 32 p.

THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Identification and Control of Consolidation-Related Surface Defects in Formed Concrete. ACI 309.2R-98. 11 p.

THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Documentación. Specifications for Structural Concrete for Buildings. ACI 301-05. 2005. 49 p.

THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Documentación. Standard Specification for Cast-in-place Architectural Concrete. ACI 303.1R-97. 1997. 10 p.

THE AMERICAN SOCIETY OF CONCRETE CONTRACTORS. Guide for surface finish of formed concrete. Aberdeen Group, 1999. ISBN 10: 0924659408.

Revistas y Documentos.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Durabilidad del Concreto. 2005.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 224R-01. Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón. Vigencia desde el 16 de mayo de 2001.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. Identification and Control of Visible Effects of Consolidation on Formed Concrete Surfaces. ACI 309.2R-98.

CAPANNA, PABLO. Un Filósofo en el Exilio. Fuente: Reyna Gómez, Francisco. Apuntes de la clase “Teoría de la Tecnología.” Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2010.

CARVAJAL, Ana María. Licenciada en Química de la Universidad Católica de Chile, con postítulo en control y prevención de la corrosión, Máster en perspectivas de la construcción y sus materiales para el siglo XXI, España. Académica Escuela de Construcción Civil Pontificia Universidad Católica de Chile, boletín N° 36. Centro Tecnológico del Hormigón.

GARCÍA ESPINOSA, Salvador. Patrimonio del siglo XX. Su uso y conservación como asunto de sustentabilidad urbana en Morelia, Michoacán, México, 2008. La información presentada se deriva del proyecto de investigación Arquitectura y urbanismos del Siglo XX en Morelia, financiado por FOMIX (CONACYT -Gobierno de Michoacán), clave: 64469.

GOIJBERG, Norman. “Reducción de gases de efecto invernadero, construcción sustentable en Chile.” Seminario: Cambio Climático en Chile – Oferta de Bonos de Carbono y de Servicios Ambientales al Mundo. GBC-CHILE. Encuentro Internacional. Santiago de Chile. Junio 2003.

HERNÁNDEZ CASTAÑEDA, Oscar. Construcción de Estructuras de Concreto en Medios Agresivos. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (construcción), México 2004.

HERRERA, Tato. Arquitecto y profesor de Universidad Politécnica de Valencia. “Arquitectura sostenible para un planeta sustentable”. Levante-EMV. (26-02-06). Fuente: <http://e-valencia.org/index.php?name=News&file=article&sid=8435>, consultada en feb. 2010.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO. La Historia del Cemento, el Concreto y el Concreto Reforzado. Trad. por Pereira, Juan E. Civil Engineering (noviembre de 1977).

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. MAFER, Concretos Prehispánicos, Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N°219, (Septiembre 2006). 60 p.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. CHAO, Enrique, El Concreto en México en el Tiempo del IMCYC, Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N°204, (Mayo 2005) 50-55 p.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. PEREZ ESTAÑOL, Mireya, El color del concreto, Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N°220, (Septiembre 2006) 24-29 p.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. El Pantheon, Revista Construcción y Tecnología, México N°247, enero 2009. p 48.

KURI ABDALA, José Antonio. División de Ingenierías Civil y Geomática. Universidad Nacional Autónoma de México. Extraído de <http://dicyg.fi-c.unam.mx:8080/Site/alumnos/profesores/paginas-de-profesores>, (consultada el 18 de febrero 2010).

LLOPIZ, Carlos Ricardo. Características Mecánicas del Hormigón Armado. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Cátedra: hormigón I, capítulo II. Mendoza, Argentina. 2001.

PANI, Mario y DEL MORAL, Enrique. Documentos, volumen 1, verano 1985. Revista de la Facultad de Arquitectura. UNAM. FA. 1985.

MORENO, E. I., Solís-Carcaño, R. G. y Arias-Palma, C. A. Desempeño de las Pinturas Vinil-Acrílicas contra la Carbonatación del Concreto. México. (2008). Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-1, pp. 31-39, ISSN: 1665-529X

Revista Bitácora Arquitectura n° 17, **Facultad de Arquitectura UNAM, México, 2007.**

SERRANO RODRÍGUEZ Pedro, “Desarrollo sostenido y sustentable”. Definiciones para el proyecto ROMBO MECESUP. Prof. Ing. Pedro Serrano Rodríguez. Depto. Arquitectura Universidad Santa María, Chile.

SORIA LÓPEZ, Javier y MERAZ QUINTANA, Leonardo. En torno al Concepto de Reutilización arquitectónica. Universidad Nacional Autónoma de México. Revista Bitácora Arquitectura n° 17. D.F. México. 2007. 34 p.

THE WORLDWATCH INSTITUTE. La Situación del Mundo 2007: Nuestro Futuro Urbano. State of the planet. Barcelona. Edit. Icaria. (2007) 51 p.

VITIELLO, Kelly, QUEZADA Amelia y MARTINEZ, José Omar. Universidad Iberoamérica. Santo Domingo. Republica Dominicana. Fuente: <http://www.arqhys.com/arquitectura/estructuras-arquitectonicas.html> (consultado agosto 2009).

YUKSEL, ISA Y BILIR, Turhan. Durability of Concrete Incorporating non-ground Blast Furnace Slag and Bottom ash as Fine Aggregate. **Revista: Building and Environment n°42, Estados Unidos. 2007.**

Tesis e Internet.

AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE CATALUÑA, Ciment Català. Proceso de producción. <Http://www.ciment-catala.org>, el cemento Portland, proceso de producción, consultada Febrero 2009.

CAMPUS CENTRAL DE CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNAM. Patrimonio Cultural de la Humanidad. <http://www.unam.mx/patrimonio/porque.html>.

CEMENTOS BÍO-BÍO, Manual de Fabricación y Clasificación del Cemento. <http://www.cbb.cl/cementos/manuales>. Consultada Octubre 2009.

DÍAZ, Antonio. La Manzana, una Fusión Urbana y Arquitectónica. Suplemento de arquitectura del periódico El Clarín, Buenos Aires, Argentina.12 Febrero 2009. Fuente: <http://www.clarin.com/suplementos/arquitectura/2009/02/10/a-01855837.htm>.

FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO. OSSA M. Carlos A. La Vivienda Sostenible un Desafío Latinoamericano. V foro de vivienda, El Salvador. (Julio 2008).

HERRERA, Tato. Arquitecto y profesor de Universidad Politécnica de Valencia. “Arquitectura sostenible para un planeta sustentable”. Levante-EMV. (26-02-06). Fuente: <http://e-valencia.org/index.php?name=News&file=article&sid=8435>, consultada en feb. 2010.

SÁNCHEZ STASIW, Carol. Estudio Experimental del Empleo de Diatomita en la Producción de Concreto de Alto Desempeño. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería, tesis para obtener el título de Ingeniero civil. Lima, Perú. 2008.

RÍOS ESPINOSA, Javier Arturo. Concreto: Tecnología de una Piedra Artificial. Tesis de Maestría Campo de Tecnología, México, 2005.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. UNESCO. Campus Central de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://whc.unesco.org/en/list/1250>, consultada junio 2010.

Nomas Mexicanas del Concreto que Aportaron al Desarrollo de la Investigación:

NMX-C-414-ONNCCE-2004 Cementos hidráulicos - Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-C-111-ONNCCE-2004 Agregados para concreto hidráulico - Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-C-299-1987 Concreto estructural – Agregados ligeros.

NMX-C-122-ONNCCE-2004 Agua para concreto – Especificaciones.

NMX-C-277-1979 Agua para concreto, muestreo.

NMX-C-283-1982 Agua para concreto.

NMX-C-155-ONNCCE-2004 Concreto hidráulico industrializado – Especificaciones.

NMX-C-061-ONNCCE-2001 Cemento – Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.

NMX-C-081-1988 Aditivos para concreto – Curado – Compuestos líquidos que forman membrana.

NMX-C-117-1978 Aditivos estabilizadores de volumen del concreto.

NMX-C-140-1978 Aditivos expansores del concreto.

NMX-C-156-ONNCCE-1997 Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco.

NMX-C-160-ONNCCE-2004 Concreto – Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NMX-C-161-1997-ONNCCE Concreto fresco – Muestreo.

NMX-C-200-1978 Aditivos inclusores de aire para concreto.

NMX-C-251-ONNCCE-1997 Concreto – Terminología.

NMX-C-255-1988 Aditivos químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto.

NMX-C-403-ONNCCE-1999 Concreto hidráulico para uso estructural.

NMX-C-407-ONNCCE-2001 Varilla corrugada de acero proveniente de lingote y palanquilla para refuerzo de concreto - Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-C-435-ONNCCE-2004 Concreto – Método para determinar la temperatura del concreto fresco.

FUENTES DE IMÁGENES

Todas las imágenes son extraídas de internet para fines didácticos.

Capítulo 1

Figura N°1: Fuente: PORTUGAL, P. “Concretos de Alto Desempeño. High Performance Concrete (hpc)”. <http://www.concrete.0catch.com/Capitulo2.htm>. Consultada: marzo 2009.

Figura N°2: Fuente: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. El Pantheon, Revista Construcción y Tecnología, México N°247, enero 2009. p48.

Figura N°3: Foto: AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Septiembre 2009.

Figura N°4: El Pionero del Hormigón Armado. <http://www.ciudadluz.net/arqui/auguste-perret.htm>. Consultada: abril 2009.

Figura N°5: Foto: AVILÉS, Op. Cit. Septiembre 2009.

Figura N°6: Foto: Ibid.

Figura N°7: Foto: Ibid. Junio 2009.

Figura N°8: Foto: Ibid. Mayo 2010.

Figura N°9: Foto: Ibid. Septiembre 2009.

Figura N°10: Foto: Ibid. Junio 2008.

Figura N°11: Foto: Ibid. Noviembre 2009.

Figura N°12: Foto: Ibid. Mayo 2010.

Figura N°13: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Figura N°14: Fuente: Ibid. Febrero 2010.

Figura N°15: Fuente: Agrupación de Fabricantes de Cemento de Cataluña, Ciment Català. Proceso de producción. <Http://www.ciment-catala.org>, el cemento Portland, proceso de producción, consultada Febrero 2009.

Figura N°16: Fuente: CEMENTOS BÍO-BÍO, Manual de Fabricación y Clasificación del Cemento. <http://www.cbb.cl/cementos/manuales>. Consultada Octubre 2009.

Figura N°17: Fuente: COTTIER CAVIEDES, José Luis. Apuntes de la clase “Tecnología del concreto.” Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Figura N°18: Fuente: Ibid.

Figura N°20: Fuente: Ibid.

Figura N°21: Fuente: Ibid.

Capítulo 2

Figura N°22: Fuente: REYNA GÓMEZ, Francisco. Apuntes de la clase Teoría de la Tecnología. Posgrado de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2010.

Figura N°23: Fuente: MUCIÑO CASTAÑEDA, René. Concreto para Técnicos de la Construcción. Edit. IMCYC. México. 2003. 183 p.

Figura N°24: Fuente: SANJUÁN B., MIGUEL Á. Y PEDRO CASTRO B. Acción de los Agentes Químicos y Físicos sobre el Concreto. Edit. IMCYC. México, 2001.

Figura N°25: Ibid.

Figura N°26: Fuente: Diseñada por Alejandra Avilés Gálvez (Febrero 2010), utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Figura N°27: Fuente: Diseñada por Alejandra Avilés. (Febrero 2009).

Figura N°28: Fuente: Ibid.

Figura N°29: Fuente: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. México D.F. CELIS NAVARRO, Gabriela, La Reconversión Industrial, Revista Construcción y Tecnología, México D.F. N°252, Mayo 2009. 38 p.

Capítulo 3

Figura N°30: Fuente: <https://www.peri.de>, consultada Febrero 2009.

Figura N°31: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Capítulo 4

Figura N°32: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Figura N°33: Fuente: PEREZ N., Ernesto y SAINZ H., Andrés. Influencia de la Incorporación de Aditivo Aireante en la Carbonatación del Hormigón. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 2004.

Figura N°34: H., Andrés. Influencia de la Incorporación de Aditivo Aireante en la Carbonatación del Hormigón. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 2004.

Figura N°35: Fuente: Foro chileno de consumo y ciudadanía. www.reclamos.cl, consultada en julio 2010.

Figura N°36: Fuente: Fotografía de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco, AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Junio 2009.

Figura N°37: FERNANDEZ CANOVAS, Manuel. Patología y Terapéutica del Hormigón Armado. 3ª, Ed. Madrid. Colección Escuelas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 1994.

Figura N°38: Fuente: PADILLA, J.D. y ROBLES, F. Human Response to Cracking in Concrete Slabs. ACI. S.P. 30. American Concrete Institute. Detroit. 1971.

Figura N°39: Fuente: AMERICAN SOCIETY OF CONCRETE CONTRACTORS. Bugholes in Formed Concrete. Position Statement #8.

Figura N°40: Fuente: PADILLA. Op. Cit.

Figura N°41: Foto: AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Mayo 2010.

Figura N°42: Fuente: PADILLA, J.D. y ROBLES, F. Op. cit.

Figura N°43: Fuente: Ibid.

Figura N°44: Foto: AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Mayo 2010.

Figura N°45: Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, Durabilidad y Patología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Edit. Asocreto. Colombia, 2006.

Figura N°46: Fuente: extraída: www.moldajesplaneta.cl, consultada Mayo 2010.

Figura N°47: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°48: Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. Identification and Control of Visible Effects of Consolidation on Formed Concrete Surfaces. ACI 309.2R-98.

Figura N°49: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°50: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°51: Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. Op. Cit.

Figura N°52: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°53: Fuente: ANDO, Tadao. <http://actos-y-potencias.blogspot.com/2005/04/03-tadao-ando.html>, consultada en Agosto 2010.

Figura N°54: Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. Op. Cit.

Figura N°55: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°56: ROMERO POSTIGUILLO, Joaquín. Hormigón Arquitectónico. Color y Textura. Aplicaciones en Edificación y Obra Civil. Zaragoza. Mayo 2007.

Figura N°57: Foto: AVILÉS, Op. Cit. Abril 2010.

Figura N°58: Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Durabilidad y Patología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto. Edit. Asocreto. Colombia, 2006.

Capítulo 5

Figura N°59: Fuente: PANI, Mario y DEL MORAL, Enrique. Documentos, volumen 1, verano 1985. Revista de la Facultad de Arquitectura. UNAM. FA. 1985.

Figura N°60: Foto: AVILÉS GÁLVEZ Alejandra Patricia. Noviembre 2009.

Figura N°61: Foto: Ibid.

Figura N°62: Foto: Ibid.

Figura N°63: Foto: Ibid.

Figura N°64: Foto: Ibid.

Figura N°65: Foto: Ibid.

Figura N°66: Foto: Ibid.

Figura N°67: Foto: Ibid.

Figura N°68: Foto: Ibid.

Figura N°69: Foto: Ibid.

Figura N°70: Foto: Ibid. Abril 2010.

Figura N°71: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010.

Figura N°72: Foto: AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°73: Ibid.

Figura N°74: Ibid.

Figura N°75: Ibid.

Figura N°76: Ibid.

Figura N°77: Ibid.

Figura N°78: Ibid.

Figura N°79: Ibid.

Figura N°80: Ibid.

Figura N°81: Ibid.

Figura N°82: Ibid.

Figura N°83: Ibid.

Figura N°84: Ibid.

Figura N°85: Ibid.

Figura N°86: Ibid.

Figura N°87: Ibid.

Figura N°88: Ibid.

Figura N°89: Ibid.
Figura N°90: Ibid.
Figura N°91: Ibid.
Figura N°92: Ibid.
Figura N°93: Ibid.
Figura N°94: Ibid.
Figura N°95: Ibid.
Figura N°96: Ibid.
Figura N°97: Ibid.
Figura N°98: Ibid.
Figura N°99: Ibid.
Figura N°100: Ibid.
Figura N°101: Ibid.
Figura N°102: Ibid.
Figura N°103: Ibid.
Figura N°104: Ibid.
Figura N°105: Ibid.
Figura N°106: Ibid.
Figura N°107: Ibid.
Figura N°108: Ibid.
Figura N°109: Ibid.
Figura N°110: Ibid.
Figura N°111: Ibid.
Figura N°112: Ibid.
Figura N°113: Ibid.
Figura N°114: Ibid.
Figura N°115: Ibid.
Figura N°116: Ibid.

Capítulo 6

Figura N°117: Foto: AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Abril 2010.

Figura N°118: Ibid.

Figura N°119: Fuente: AMERICAN SOCIETY OF CONCRETE CONTRACTORS. Bugholes in Formed Concrete. Position Statement #8.

Conclusiones.

Figura N°120: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Agosto 2010.

Anexos.

Figura N°121: Fuente: filmación de AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Noviembre 2009.

Figura N°122: Fuente: filmación de AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Enero 2010.

ÍNDICE DE TABLAS**Capítulo 1**

Tabla N°1: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.” COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Tabla N°2: Ibid.

Tabla N°3: Fuente: PRADO NUÑEZ, Ricardo. Procedimientos de Restauración y Recuperación de Materiales: Protección y Conservación de Edificios Artísticos e Históricos. México, Edit. Trillas, 2000.

Capítulo 2

Tabla N°4: Fuente: Apuntes de la clase Arquitectura y Medio Ambiente II. Dra. Jeanine Da Costa Bischoff. Posgrado de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México. Semestre 2009-1, (Abril 2009).

Capítulo 3

Tabla N°5: Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO - Asocreto. Bogotá, Colombia. Concreto Arquitectónico. 3ª, Ed. Bogotá. Edit. Asocreto. 2007. 114 p.

Tabla N°6: Fuente: Ibid.

Tabla N°7: Fuente: Ibid.

Tabla N°8: Fuente: Ibid.

Tabla N°9: Fuente: Ibid.

Capítulo 4

Tabla N°10: Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. Identification and Control of Visible Effects of Consolidation on Formed Concrete Surfaces. ACI 309.2R-98.

Tabla N°11: Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, Durabilidad y Patología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto. Edit. Asocreto. Colombia, 2006.

Tabla N°12: Fuente: Ibid y Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Febrero 2010, utilizando la bibliografía y los apuntes de la materia “Tecnología del concreto.”
COTTIER CAVIEDES, Juan Luis. Posgrado de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Febrero 2010.

Capítulo 6

Tabla N°13: Fuente: Diseñada por AVILÉS GÁLVEZ, Alejandra Patricia. Agosto 2010.

Tabla N°14: Ibid.

Tabla N°15: Ibid.

Tabla N°16: Ibid.

Tabla N°17: Ibid.

ANEXOS

ANEXOS

Tipos de Cementos.

Clasificación de los cementos por tipos según la norma mexicana vigente, NMX-C-414-ONNCCE-2004:

| Tipo | Denominación | Descripción |
|------|--|---|
| CPO | Cemento Pórtland ordinario | Es el cemento producido a base de la molienda de clinker Pórtland y usualmente, sulfato de calcio. |
| CPP | Cemento Pórtland Puzolánico | Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, materiales puzolánicos y sulfato de calcio. |
| CPEG | Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno | Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio. |
| CPC | Cemento Pórtland compuesto | Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de la caliza, éste puede ser único. |
| CPS | Cemento Pórtland | Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, humo de sílice y sulfato de calcio. |
| CPS | Cemento Pórtland | Es el cemento que resulta de la integración de clinker Pórtland, sulfato de calcio y principalmente escoria granulada. |

Clasificación de los cementos por resistencia según la norma mexicana vigente, NMX-C-414-ONNCCE-2004:

| Clase resistente | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, N/mm ² | | |
|------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| | Rápida (3 días) | Normal (28 días) | |
| | MIN. N/ mm ² | MIN. N/ mm ² | MIN. N/ mm ² |
| 20 | - | 20 | 40 |
| 30 | - | 30 | 50 |
| 30 R | 20 | 30 | 50 |
| 40 | - | 40 | - |
| 40R | 30 | 40 | - |

Clasificación de los cementos por características especiales según la norma mexicana vigente, NMX-C-414-ONNCCE-2004:

| Nomenclatura | Características Especiales de los Cementos |
|--------------|--|
| RS | Resistencia a los sulfatos |
| BRA | Baja reactividad álcali-agregado |
| BCH | Bajo Calor de Hidratación |
| B | Blanco |

La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 3 días. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con una resistencia inicial especificada, se le agrega la letra R después de la clase. Solo se definen valores de resistencia inicial a 30 R y 40 R, NMX-C-414-ONNCCE-2004:

| Clase Resistente | Resistencia a la Compresión (N/mm ²) | | | Tiempo de Fraguado (min) | | Estabilidad de Volumen (%) | |
|------------------|--|---------|--------|--------------------------|--------|----------------------------|-------------|
| | 3 días | 28 días | | Inicial | Final | Expansión | Contracción |
| | Mínimo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Máximo | Máximo |
| 20 | - | 20 | 40 | 45 | 600 | 0.8 | 0.2 |
| 30 | - | 30 | 50 | 45 | 600 | 0.8 | 0.2 |
| 30 R | 20 | 30 | 50 | 45 | 600 | 0.8 | 0.2 |
| 40 | - | 40 | - | 45 | 600 | 0.8 | 0.2 |
| 40 R | 30 | 40 | - | 45 | 600 | 0.8 | 0.2 |

Entrevistas.

Estas entrevistas surgen con la intención de considerar la experiencia de connotados arquitectos, el mexicano Teodoro González de León y el chileno Juan Sabbagh Pisano, los que debido a su experiencia nos otorgan conocimientos importantes de considerar al momento de enfrentar una obra arquitectónica inmersa en el tema de investigación que atendemos, entregándonos visiones y datos fundamentales que se pueden analizar, comparar y retomar para sacar lecciones concretas. Estas entrevistas se convierten en un documento interesante y de gran importancia para la investigación, dejando además diversos temas para la reflexión y que pueden ser considerados en futuras investigaciones, propiciando la ampliación y continuidad del conocimiento, junto con abrir nuevas líneas de investigación.

Arquitecto Teodoro González de León [México, 1926].

Arquitecto mexicano, director del despacho Teodoro González de León Arquitectos. Trabajó en el taller de Le Corbusier y durante su trayectoria profesional ha realizado grandes aportaciones a la arquitectura mexicana, imponiendo formas y grandes volúmenes con matices prehispánicos y materiales distintivos. Cuenta con un importante número de obras construidas de diversa índole.

Ha conseguido innumerados homenajes y estímulos, por mencionar algunos de ellos se encuentran el premio de la Academia Internacional de Arquitectura en la V y VII bienales de Sofía en 1989 y 1994 respectivamente, Premio a la trayectoria profesional en la V Bial Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo 2006, entre muchos otros reconocimientos.



FIGURA N° 121. El arquitecto Teodoro González de León, durante la entrevista.

La entrevista con el arquitecto se llevó a cabo en el despacho Teodoro González de León Arquitectos ubicado en la Colonia Hipódromo en Ciudad de México, el 25 de Noviembre de 2009, siendo registrada de forma audiovisual y de la cual se expone a continuación un extracto de este importante registro:

Teodoro González de León [TGL]: ...lo que está viejo tiende a hacerse más viejo y a deshacerse, eso es lo que estamos acostumbrados a ver. Sería importante tomar los edificios en el momento que aún se puede intervenir y así rejuvenecer las estructuras. El reciclamiento de todo lo fabricado por el hombre es muy difícil, pero es una tarea muy bella que se debe hacer.

Avilés Gálvez Alejandra Patricia [AGAP]: ¿Qué opina del intento de rescatar los edificios comunes (sin la catalogación del organismo correspondiente) al igual que como se hace con los edificios de valor patrimonial?

TGL: Hay que meterse con todo el pasado, no faltaba más, y con todo el presente existente que está dañado, que está mal hecho, que tiene fallas, que tiene mala presencia al espacio público. Es necesario renovarlos para que tengan presencia pública y nueva vida. Los edificios tienen que ganarse la vida como la gente, sino se hacen obsoletos y mueren.

AGAP: ¿Cuándo cree que es válido conservar un edificio? ¿Cuándo está estructuralmente capacitado o cuando tiene elementos arquitectónicos valiosos?

TGL: Yo diría cuando es interesante. Cuando es interesante ya nos llama la atención, eso lo decía Xenaquis para no usar la palabra belleza. Si es interesante nos mueve, nos quiere decir que es importante, que lo podemos cuidar. Si el edificio lo juzga usted desde el lado de la plástica y de la belleza es peligroso. En cambio al decir es interesante, puede ser por muchas cosas, porque su estructura está intacta, porque está muy bien construido, porque se ve bien por acá, porque es muy viejo, y así ya empiezan a salir las cualidades.

AGAP: Cuando busca los materiales para construir sus obras, ¿Piensa en el envejecer de ellos y en que esto en un futuro se convierta en algo positivo?

TGL: Es básico. Si uno no piensa como al edificio lo carcome el tiempo, esta mal. Es básico pensar en el envejecimiento, que envejezca bien el material. Desgraciadamente el concreto tiene mal comportamiento, en nuestro clima no, pero lo hemos en todas las obras de concreto del mundo. La reparación que hubo que hacerle a la Casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright costó dos veces lo que costó originalmente, ya que todo el concreto estaba deteriorado y había flexiones de 15cm. en los volados. Luego el Guggenheim hubo que repararlo entero dos veces. Los edificios de Le Corbusier también están muy fastidiados. Nosotros no tenemos temperaturas tan extremas que rajen totalmente el concreto o que lo vuelvan un mapa de puras grietas.

AGAP: ¿Cree que es más pertinente trabajar con materiales tradicionales o conocidos de los cuales se tiene mayor conocimiento respecto a la manera en que envejecerán, que con nuevos materiales o materiales experimentales de los que se sabe menos acerca de su comportamiento y vida futura?

TGL: *Experimentar con algo que nunca se ha hecho, por ejemplo meter una lámina de plástico en una fachada se me hace una irresponsabilidad si no sabemos cuál es el comportamiento. Ya lo vemos en todo lo que le ha pasado al alucobond. Como envejece horrible, como las orillas se van ennegreciendo por que se mete la humedad. Acabo de ver en Tokio el edificio de Foster (Century Tower) abandonado. Tendrá 12 años y está abandonado. Todo está hecho con alucobond bastante grueso pero se ha percutido de una forma que no se puede limpiar, dando una sensación de vejez.*

AGAP: ¿Usted va frecuentemente a ver sus obras para advertir como es el proceso de cambio del edificio y envejecimiento del material?

TGL: *A veces sí y a veces no. En ciertos lugares me siguen llamando como por ejemplo en el Colegio de México o en el INFONABIT, me siguen llamando para cualquier cosa que pase, eso lo agradezco y voy con todo gusto. Pero hay otros que no me llaman y hacen cambios violentos como en la Delegación Cuauhtémoc.*

AGAP: ¿Cree importante una futura inspección de sus obras por parte de los arquitectos?

TGL: *Es bueno hacerlo, ver el comportamiento del material. Ver si el mismo espacio ha funcionado bien o no ha funcionado y si lo han cambiado por eso.*

AGAP: ¿Se considera el envejecimiento y el deterioro como parte de la idea inicial de un proyecto?

TGL: *Yo creo que sí. Los edificios deben poder envejecer bien y resistir el intemperismo que es bestial, el tiempo y del sol a ciertos materiales los deshace. El concreto se porta bien en México. En Japón por ejemplo que es muy húmedo, tienen los mejores concretos que he visto, hechos con una perfección en el trabajo del acero, ellos trabajan con milímetros en el concreto, eso es admirable. No existe en el mundo una mano de obra, una proyección, una concepción tan perfecta como en Japón, porque no es solo la mano de obra que lo hace y lo que produce la industria de la construcción, compañías, fabricantes de materiales; es todo junto, y el pensamiento de construirlo bien que tienen todos los arquitectos. Se van al detalle último. Esa disciplina la tiene un poco España, donde se construye bastante bien, pero Japón es admirable.*

El último museo de Tadao Ando, es de fierro, es una techumbre inclinada en forma de triángulos, son dos triángulos como una mariposa de placas de acero perfectamente bien hechas, y el concreto famoso de él está adentro. Luego tiene detalles dedicados a los que se fijan. Hay un vidrio largo como de 1.80 metros de altura por 15 metros de largo de una sola pieza, puesto en un lugar que nada más lo ven ciertas gentes. ¿Cómo lo movieron?, ¿cómo lo pusieron?, ¿cómo lo maniobraron para colocarla?, es increíble.

En un restaurant de los hoteles Riokan, tienen tres vidrios distanciados de la pared como tres metros, para generar un jardín. Ahí los vidrios tienen como 15 metros también. ¿Cómo hicieron para hacer que en el centro de Kioto, de casitas pequeñas.

La tecnología usada al máximo desde el pensamiento, la realización y la industria de la construcción que lo apoya. Es un todo. Eso no se puede hacer acá; primero no se fábrica en México, segundo, ¿quién lo maneja y lo va a traer? Esas cosas tecnológicas me fascinan mucho.

Las columnas romanas del Partenón, son piezas de granito de 12 metros de altura. La gente pasa por ahí y ve el gran domo adentro y no se da cuenta por donde pasó. Tiene 12 columnas de 12 metros de altura de una sola pieza. No hay tecnología actual para hacer eso de forma fácil, y son del siglo I. Esos son mensajes que hay que hacer en la arquitectura. Por ejemplo colar algo muy alto. Eso lo hice en una obra en Tabasco, una columna de 10 metros las colé de un solo golpe y sin cortar. Esas son citas secretas.

AGAP: ¿Cómo nace y cuál es el fundamento del concreto martelinado o cincelado?

TGL: *Nace por la mala mano de obra. Para disfrazar errores de la mano de obra, errores de chuecura, de falta de vibrado. Entonces cincelar las superficies borra muchas cosas, facilita hacer resanes ya que estos no se ven. Para nosotros fue una invención en respuesta a eso. Mano de obra mal pagada, mal educada. Tenemos una de las peores manos de obra del mundo.*

AGAP: ¿En sus proyectos considera los ataques climáticos que estos sufrirán?

TGL: *Es muy difícil que se pueda prever. Lo que hacemos es poner un protector al concreto. Hay acrílicos que tapan ligeramente el poro los que ayudan a que con agua se limpie la superficie, con una carcher. Pero es importante no dañar la superficie, ya que un baño de agua a presión abre el poro del concreto y luego el resultado es peor. Por eso primero hay que darle ese baño que impregna y llena moléculas, permitiendo que se limpie con agua.*

AGAP: ¿Existe un plan de mantenimiento o protección para las estructuras de concreto armado aparente?

TGL: México es un país que vive sin mantenimiento, es trágico. Mantener no es una disciplina para el mexicano.

AGAP: ¿Qué hace para evitar la corrosión del acero de refuerzo?

TGL: Aumento el recubrimiento.

AGAP: Y entonces, ¿Qué pasa al cincelarlo?

TGL: El cincelado no se lleva más de 4 a 5 milímetros, es una cáscara la que sale. Se debe hacer cuando el concreto ya tiene la dureza total. El trabajador debe dar el golpe mínimo para que desbaste la superficie y salga el agregado. Un mes después se hace el cincelado, si no corremos el peligro de hacer boquetes u oquedades.

AGAP: ¿Desde cuándo usa el concreto cincelado?

TGL: Eso fue en los sesentas. Justamente porque no encontrábamos la forma de acabar bien el concreto, siempre salían chorreados o superficies disperejas.

AGAP: ¿Cree que reutilizar edificios tiene ventajas económicas?

TGL: Yo creo que sí. Hay muchas edificaciones que están abandonadas, mal usadas o pobremente usadas. Hay un gran capital, es capital económicamente interesante.

AGAP: ¿Cree que reutilizar edificios tiene ventajas medioambientales?

TGL: Claro que sí. Toda construcción es una explotación de la tierra.

AGAP: ¿Cuál de esos grandes conjuntos habitacionales modernos de México cree que ha funcionado?

TGL: El Miguel Alemán ha funcionado muy bien. Notaron que había necesidad de mantenerlo ya que en 15 años nadie le toca nada. El problema es que las asociaciones de propietarios en México no funcionan, nadie paga los gastos comunes, aún en los edificios caros.

AGAP: Entonces en México no hay una cultura de vivir en altura

TGL: Es una falta de cultura, de vivir compartiendo.

AGAP: ¿Usted está de acuerdo con los conjuntos habitacionales o con la vivienda aislada?

TGL: La casa es una baja densidad que no le conviene a ninguna ciudad.

Arquitecto Juan Sabbagh Pisano [Chile, 1949].

Arquitecto y académico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, director de la oficina Sabbagh Arquitectos y Premio Nacional de Arquitectura 2002. Cuenta con un importante número de obras construidas de carácter educacional, industrial y comercial principalmente, entre las que destacan diversos proyectos de reutilización de edificios para conformar algunas sedes del Instituto Profesional DUOC UC.



FIGURA N° 122. El arquitecto Juan Sabbagh Pisano, durante la entrevista.

La entrevista con el arquitecto se realizó en el despacho Sabbagh Arquitectos en la Comuna de Las Condes, Santiago de Chile, el 7 de Enero de 2010, siendo registrada de forma audiovisual. A continuación se presenta una síntesis de esta:

Juan Sabbagh Pisano [JSP]: *...en el hormigón por ejemplo, si estamos rescatando edificios que tienen cien años, hechos de forma precaria y con tecnologías antiquísimas, hoy día estamos hablando de hormigones que pueden durar mil años. Entonces, el tema del reciclaje va a ser el tema de las futuras generaciones. Nosotros debemos hacer estructuras que sean flexibles y que conserven sus cualidades estructurales.*

AGAP: ¿Usted concibe desde el momento de diseñar algún criterio patológico o en el posible deterioro del material y de las estructuras?

JSP: *En la primera conceptualización que se hace de un proyecto de arquitectura tienen que estar contenidos no solo los requerimientos del encargo relacionado al programa, sino también los requerimientos del lugar, los recursos que se tienen, y eso ordenado en función de un modelo estructural que uno propone. No es posible abordar la arquitectura si no es así. En ese contexto, dependiendo de la obra, uno la visualiza con una materialidad determinada.*

En los casos del DUOC por ejemplo, edificios educacionales donde hay muy pocos recursos, con una fundación educacional, uno trata como concepto el buscar una solución lo más esencial posible, que tenga los menos componentes, por razones de costo, por razones de rapidez de construcción. Entonces en los casos del DUOC concebimos la obra pensando que va a tener que ser de hormigón, por sus cualidades estructurales, pero fundamentalmente por su duración

en el tiempo y por la flexibilidad que nos permite para ir adaptando los programas. Cuando uno habla de duración en el tiempo se refiere al área de la patología, que el material mantenga su vigencia no solamente estructural, sino que de imagen y de forma por muchos años.

AGAP: *¿Considera al momento de proyectar sus edificios la agresividad del medio ambiente y como esta puede afectar a las envolventes de concreto aparente?*

JSP: *Esos son los factores externos como la contaminación, que es un fenómeno reciente de los últimos 50 años. Parte de ello lo puede resolver la propia tecnología. Un hormigón bien hecho evita que penetre la humedad a los fierros y lo mismo ocurre con la contaminación. Lo que puede si afectarle es un depósito de los elementos contaminantes que se produce en la cáscara y lo mancha, pero el hormigón se puede lavar. Si el hormigón está bien hecho debería resistir mucho.*

Creo que el principal agente externo que ataca al material es el propio usuario. Las precauciones que uno toma contra el usuario es incorporar elementos de prevención y defensa. Nosotros como arquitectos confiamos en el material, ya que hay un tremendo apoyo de la industria. Hoy día hay hormigones con cualidades que hace veinte o treinta años atrás no existían. Aunque aparentemente uno lo ve igual, es increíble cómo ha ido incorporando tecnologías. Lo mismo pasa en el tema del moldaje, donde hay un notable progreso. Por una parte son moldajes que están pensados y tienen su origen en construir rápido una obra, pero por otro lado, hay mucho de avance en lo referente a las caras de unión de los moldajes con el hormigón y en el acabado que el moldaje hace con el hormigón, tendientes a generar superficies con poros cerrados y que evite la acción de agentes externos.

AGAP: *¿Usted visita sus obras posteriormente?*

JSP: *Si. En el caso de los DUOC, que es un proyecto a largo plazo que lleva más de 10 años, como se están haciendo nuevas obras continuamente se hacen evaluaciones de las anteriores para ver el tema de funcionamiento y de comportamiento del material, ya que son unas obras sometidas a un enorme stress de uso. Creemos que si bien 10 años puede ser muy poco en tiempo, en el uso han sido empleados con el doble de la carga para que fueron diseñados y el material resiste. Esa evaluación es importante por uno tiene que tomar decisiones en torno a buscar nuevos materiales. En nuestra experiencia, el único material que mantiene sus prestaciones intactas desde que se hizo hasta el final es el hormigón, más que el acero que se deteriora y se oxida; el hormigón se mantiene en la capacidad de dar lo que uno le pidió. Incluso con el tiempo se mancha, toma una patina, pero eso lo hace muy bonito, lo hace verse vivo.*

AGAP: ¿Cuáles han sido sus principales criterios para intervenir obras preexistentes y proponer un nuevo proyecto? ¿Tiene un criterio que sea transversal a todas sus obras?

JSP: *En el mundo de la reutilización siempre hay distintas motivaciones, una de ellas son las normativas, donde no tienes otra opción que reutilizar porque no te deja la norma o la ley. La otra es económica, donde la estructura existente produzca un ahorro en el cliente, un ahorro en la obra que uno va a hacer. Si uno se encuentra con una estructura enormemente sólida y que tiene buenos espacios, uno dice, yo aquí me ahorro las fundaciones, me ahorro los muros, o bien le ahorro tiempo al cliente por que la obra la puedo terminar antes. Hay miles de derivaciones desde el punto de vista de la economía. Pero también existe la opción que sea una preciosa obra, una magnífica obra que uno quiera aprovechar y volver a rescatar el valor que tenía.*

Lo que a nosotros nos ha tocado han sido las tres. En el DUOC de Avenida España fue una imposición de la norma. Ahí nos obligaron a mantener unos muros de una antigua casa que ahí había. En lo personal no le encontraba ningún valor, no tenía valor objetivo, pero la norma exigía que se mantuvieran ciertos elementos. Entonces lo que se hizo ahí fue armar un edificio en torno a los muros y el desafío fue como integrarlos adecuadamente, y de hecho, esto generó una serie de respuestas arquitectónicas, descubrimos como hacerlo y sirvió de recursos para otras obras.

En el DUOC de calle Dieciocho también hay un tema normativo, pero se mezcló con el tratar de recuperar un edificio que era el Palacio Eguiguren. Esa es una obra que tiene un edificio antiguo reciclado y tiene otro que se tuvo que demoler que estaba en muy mal estado. Entonces el edificio que rescatamos fue por su calidad, tan bueno en sus espacios y en la calidad de los materiales, que de hecho es la primera casa que se hizo en hormigón en Chile el año 1905. Estaba intacta. Entonces ahí había una postura nuestra que era rescatar un magnífico edificio por la admiración que nos produce y en el otro había un tema normativo, pero también tenía una ventaja económica para el propietario y es que había una fachada que se podía utilizar, entonces había un ahorro, y por lo tanto era factible lograr una imagen homogénea y coherente con el proyecto, utilizando una arquitectura que era de otra época con otro fin. Entonces ahí el desafío fue como armar un nuevo edificio que se hiciera cargo de esa fachada como propia. El criterio nuestro fue que cada ventana tenga un espacio que lo acompaña y si hay un balcón tiene un espacio público que lo acompaña. Se busco que hubiese una correspondencia, que la fachada no sea extraña a la especialidad interior.

Lo transversal que tienen estos proyectos de reutilización es la calidad de los espacios, al final el hombre habita un espacio, un ámbito donde desarrolla su vida. Eso es más importante que la fachada, que los materiales. Cuando uno centra el diseño arquitectónico en esto, se produce una situación de continuidad entre obras que uno hace, se parecen todas, y aunque tengan materiales distintos pero hay algo que es igual.

AGAP: Si fuese una obra sin valor artrítico-histórico o patrimonial, vale decir arquitectura común (sin la catalogación del organismo correspondiente), ¿usted la reutilizaría?

JSP: *Si, siempre que la estructura sea funcional a la calidad del espacio. Uno lo que mira son las capacidades que tiene la obra para generar nuevos espacios de calidad. Si esa obra tiene la potencia uno la reutiliza, además es un desafío también y hay un ahorro a la vez. Cuando uno tiene que partir desde cero e inventar algo a partir de un papel en blanco y cuando uno tiene algo ya hecho, la mitad de los problemas están resueltos. La inseguridad propia del invento se termina, uno tiene reglas que lo ayudan.*