Elstner, Richard y coautores (1977). *"Detalles Estructurales y Arquitectónicos, Evaluación y Reparación de Daños causados por el Fuego en el Edificio AVIANCA"*, Memorias sobre el Simposio Internacional sobre Tecnología del Concreto. Monterrey: Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L. pp. 155- 173.

Fernández Cánovas, M. (1994). *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*, 3ª ed. Madrid: Rugarte, S.L.

Fintel, Mark. (1985). *Handbook of Concrete Engineering*. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

FIP (1975). Federation Internationale de la Precontrainte. FIP/CEB *Recommendations for the Design of Reinforced and Prestressed Concrete Structural Members for Fire Resistance*. London.

FIP (1986). Federation Internationale de la Precontrainte. *"Inspection and Maintenance of Reinforced and Prestressed Concrete Structures."* En FIP Guide to Good Practice. London: Thomas Telford. pp. 1-7.

FIP (1994). Federation Internationale de la Precontrainte. *Guía de Buena Práctica para la Reparación y Refuerzo de las Estructuras de Hormigón*. Traducido por Grupo Español del Hormigón. España: GEHO-CEB.

García Meseguer, Alvaro (1985). *"La Patología y el Lenguaje. Informes de Patología"*. Informes de la Construcción. 37 (376) Madrid: Instituto Eduardo Torroja. pp. 5-16.

Hadipriono, Fabián C. y Charles C.S. Lin (1986). *Errors in Construction*. En Modeling Human Error in Structural Design and Construction. Proceedings of a Workshop in Ann Arbor, Junio 4-6, 1986 por National Science Foundation. New York: American Society of Civil Engineers.

IMCYC (1995). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *"Reparación de Superficies de Concreto"* Revista Construcción y Tecnología. 9 (91) México, D.F. pp. 6-16.

ISE (1989). Institution of Structural Engineers. *Conservation of Engineering Structures.* Londres: Thomas Telford House.

Kaminetzky, Dov (1976). *"Sructural Failures and How to Prevent Them".* Revista Civil Engineering. E.U.A.:American Society of Civil Engineers. pp. 60-63.

Kaminetzky, Dov (1991). *Design and Construction Failures. Lessons from Forensic Investigations.* New York: Mc. Graw Hill, Inc.

Lauer, K.R.(1990). *"Classification of Concrete Damage Caused by Chemical Attack". En RILEM Technical Committees, Damage Classification of Concrete Structures."* Revista Materials and Structures (RILEM). 23 E.U.A. pp.223-229.

Long, W. B. (1984). *"Repairs to Fire Damaged Structures".* Revista Concrete. 18 (5) Inglaterra. pp. 13-14.

Lossier, Henry (1952). *La Pathologie du Béton Armé.* Paris: Editorial Dunod.

MacGregor, J.G. (1984). *The Structural Design Process.* Introductory Report of the Twelfth Congress o f the International Association for Bridge and Structural Engineering. Vancouver. pp. 1-12.

MacGregor, James (1988). *Reinforced Concrete, Mechanics and Design.* 3rd. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall

Meli Piralla, Roberto (1985). *Diseño Estructural.* México, D.F.: Limusa.

Metha, P.K. y M. Polivka (1981). *"Concreto Fresco, Materiales y Propiedades".* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México, D.F.: Limusa. pp. 1-54.

Neville, A.M. (1981). *"Propiedades del Concreto Endurecido."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México, D.F.: Limusa. pp-79-166.

Neville, Adam (1984). *"Corrosión del Acero de Refuerzo en el Concreto"*. Revista IMCYC. 22 (162) México, D. F. pp.35-39.

Neville, Adam (1995). *"Chloride Attack of R/C: an Overview"* Revista Materials and Structures (RILEM) 28 Cachan Cedex. pp. 63-70.

Park, R. and T. Paulay (1983). *Estructuras de Concreto Reforzado.* 2ª reimpresión, México, D.F.: Limusa.

PCA (1989). Portland Cement Association. *Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments.* Wexham Springs.

Pérez Fernández, Bernardo (1996). *Representación, Poder y Mandato. Prestación de Servicios Profesionales y su Ética.* 9ª. Ed. México, D.F.: Porrúa.

Perkins, Philip H. (1986). *Repair, Protection, and Waterproofing of Concrete Structures.* Londres: Elsevier Applied Science Publishers Ltd.

Petroski, Henry (1992). To Engineer is Human. *The Role of Failure in Succesful Design.* New York: Vintage Books.

Pugsley, Alfred (1966). *The Safety of Structures.* London: Edward Arnold Publishers Ltd.

RCDF (1997). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.* Leyes y Códigos de México 19ª ed. México, D.F.: Porrúa.

RILEM (1994). International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures. *"Draft Recommendations for Damage Classification of Concrete Structures."* Revista Materials and Structures (RILEM). 27 Cachan Cedex. pp. 362-369.

RILEM (1994). International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures *"Draft Recommendation for Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforcement Corrosion."* Revista Materials and Structures (RILEM). 27 Cachan Cedex. pp. 415-436.

Ropke, John C. (1982). *Concrete Problems. Causes and Cures.* E.U.A.: Mc. Graw Hill Book Co.

Rose, G.M. (1984). *"Durability-Who Really Cares?"* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society and Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 67-74.

Rosenblueth, E. (1981). *"Seguridad y Diseño Estructural."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México, D.F.: Limusa. pp. 427-538.

Secre, Will. (1993). *"New Developments in Corrosion Inhibiting Admixture Systems for Reinforced Concrete."* En Durabilidad del Concreto, ed. Raymnudo Rivera, traducido por Iliana Garza. Monterrey: Facultad e Instituto de Ingeniería Civil. pp. 219-244.

Somerville, G. (1984). *"The Interdependence of Research, Durability, and Structural Design-Concrete"* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society y Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 233-250.

Sutherland, R.J.M. (1984). *"Keynote Address. Durability and Design Life-the Breadth of the Subject."* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society and Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 1-7.

Swamy, R.N. and S. Tanikawa (1993). *"An External Surface Coating to Protect Concrete and Steel from Aggressive Environments."* Revista Materials and Structures (RILEM). 26 Cachan Cedex. pp.465-478.

Torroja, E. (1960). *Razón y Ser de los Tipos Estructurales.* 3ª ed. Madrid: Instituto Torroja de la Construcción y del Cemento.

Tuutti, K. (1985). *"Service Life of Structures with Regard to Corrosion of Embedded Steel".* En Performance of Concrete in Marine Environment. ACI-S.P.65 Detroit: American Concrete Institute. pp. 169-204.

Tracy, Robert G. and Russell Fling (1989). *"Rehabilitation Strategies."* En Repair and Rehabilitation of Concrete Structures. ACI Compilation No. 10. Detroit: American Concrete Institute. pp. 3-7.

Universidad La Salle (1972). *Aspectos Legales de la Construcción. Curso a Nivel de Graduados.* Editado por Guillermo Alba. México, D.F.: DIANA.

Uribe Afif, Roberto (1994). *"Reactividad Álcali-Sílice y Álcali-Carbonato"* Revista Construcción y Tecnología 4 (47) México, D. F. pp. 32 -38.

Vannoy, Donald y G. Bell (1986). *"Data Collection and Information Dissemination: Current Efforts and Challenges".* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society y Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 62-77.

Wang, Chu-Kia and Charles G. Salmon (1992). *Reinforced Concrete Design.* 5th ed. New York: Harper Collins Publishers, Inc.

Ward, J. (1986). *"What is a Forensic Engineer?."* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society y Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 1-7.

West, John M. (1986). *Corrosión y Oxidación.* Fundamentos. México, D.F.: Limusa.

Zachar, John A. y Tarun R. Naik (1996). *"The Strength Design Method for Reinforced Concrete Around the World."* Revista Materials and Structures (RILEM). 29 Cachan Cedex. pp. 250-252.

OBRAS CONSULTADAS

Aberdeen (1990). *Concrete and Masonry Problem Clinic.* Addison: The Aberdeen Group.

Aberdeen (1990). *Concrete Repair Materials, Part I, II and III: Basics, Cementitious, Epoxy and other Polymer Materials.* Addison: The Aberdeen Group.

Aberdeen (1989). *Concrete Repair: Materials and Methods.* Addison: The Aberdeen Group.

Aberdeen (1992). *When and What not to Repair.* Addison: The Aberdeen Group.

ACI-117 (1990). American Concrete Institute. *Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials.* Reporte del Comité 117. Farmington Hills.

ACI-216 (1989). American Concrete Institute. *Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements.* Reporte del Comité 216. Farmington Hills.

ACI-222 (1996). American Concrete Institute. *Corrosion of Metals in Concrete.* Reporte del Comité 222. Farmington Hills.

ACI-232.1 (1994). American Concrete Institute. *Use of Natural Pozzolans in Concrete.* Reporte del Comité 232.1. Farmington Hills.

ACI-232.2 (1996). American Concrete Institute. *Use of Fly Ash in Concrete.* Reporte del Comité 232.2. Farmington Hills.

ACI-308 (1992). American Concrete Institute. *Standard Practice for Curing Concrete.* Reporte del Comité 308. Farmington Hills.

ACI-309 (1996). American Concrete Institute. *Guide for Consolidation of Concrete.* Reporte del Comité 309. Farmington Hills.

ACI-315 (1992). American Concrete Institute. *Details and Detailing of Concrete Reinforcement.* Reporte del Comité 315. Farmington Hil

Addleson, Lyall (1983). *Building Failures. A Guide to Diagnosis, Remedy and Prevention.* Londres: The Architectural Press.

Allen, R.T.L. (1985). *The Repair of Concrete Structures.* 4ª. Ed. Londres: Cement and Concrete Association.

Allen, R.T.L. y S.C. Edwards (1987). *The Repair of Concrete Structures.* Londres: Blackie & Son, Ltd.

Allen, W. (1984). *"Root Causes of Degradation."* En Design Life of Buildings: Proceedings of a Symposium in London, England. Nov. 26-27, 1984 por Institution of Civil Engineers, Concrete Society y Royal Institute of British Architects. London: Thomas Telford. pp. 75-86.

Anderson Jr., Arthur H. (1981). *"Mantenimiento Adecuado para Evitar Deterioros en Edificios de Concreto".* Revista IMYC. 18 (118) México, D. F. pp. 17-28.

Andrade, C. y C. Alonso (1993). *"Cover Cracking as a Function of Bar Corrosion: Part I. Experimental Test".* Revista Materials and Structures (RILEM) 26 Cachan Cedex pp. 453-464.

ASCE (1996). American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and other Structures.* ASCE Standard Revision of ANSI/ASCE 7-93. New York.

Baeza B., Julio, Mario M. Gómez y Celestino González (1997). *"La Patología Estructural en la Formación del Ingeniero Civil"*. Revista Construcción y Tecnología. 10 (115) México, D. F. pp. 6-13.

Basunbul, I.A. y coautores (1990). *"Repaired Reinforced Concrete Beam."* Revista ACI Materials Journal. E.U.A. pp. 348-354.

Bauer, Falcon L.A. (1977). *"Reparación de Estructuras de Concreto."* Memorias sobre el Simposio Internacional sobre Tecnología del Concreto. Monterrey: Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L. pp. 247-261.

Bauer, L. A. Falcon (1977). *"Grandes Accidentes en Construcciones de Concreto"*. Memorias sobre el Simposio Internacional sobre Tecnología del Concreto. Monterrey: Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L. pp. 263-272.

CANMET (1992). Canada Center for Mineral and Energy Technology. *"Durability of Rapaired Concrete Structures"* . En Advances in Concrete Technology. Canada. pp. 741-772.

Civil Engineering-ASCE (1978). *"Epoxies-Miracle Materials do not Always Give Miracle Results."* Revista Civil Engineering-ASCE 48 (2) Los Angeles. pp. 48-55.

CEAC (1990). *Lesiones en los edificios. Síntomas, causas y reparación*. Vol. 1 y 2. Colección de casos prácticos compilados por el Institut für Baustoff-Forschung, Alemania. Ediciones CEAC. Barcelona.

CC (1977). Concrete Construction. *"A Guide to Repair of Concrete"*. Revista Concrete Construction. 22 (3) E.U.A. pp. 123-174.

CC (1987). Concrete Construction. *"Problem Clinic; Differences Between Reshoring and Backshoring"* Revista Concrete Construction. 32 (5) E.U.A. pp. 455 - 457.

CRD (1998). Concrete Repair Digest. *"Injecting Cracks the Right Way."* Revista Concrete Repair Digest. E.U.A. pp. 18-123.

CYT (1992). Construcción y Tecnología. *"Concreto impermeable."* Revista Construcción y Tecnología. 3 (47) México, D. F. pp.18.

CYT (1993). Construcción y Tecnología. *"Materiales epóxicos y poliméricos"* Revista Construcción y Tecnología 4 (50) México, D.F. pp.41-43.

CYT (1996). Construcción y Tecnología. *"Aditivos Especiales para Concreto de Alto Comportamiento."* Revista Construcción y Tecnología. 9 (102) México, D.F. pp. 26-29.

CYT (1997). Construcción y Tecnología. *"¿Por qué es Necesario el Curado del Concreto?."* Revista Construcción y Tecnología. 10 (112) México, D. F. pp. 28-33.

Concrete (1983). *"Structural Repairs."* Revista Concrete. 17 (2) Inglaterra. pp. 23-24.

CP (1987). Concrete Publications. *Removing Stains from Concrete.* Addison: Concrete Construction Publications, Inc.

Cottier Caviedes, Juan Luis (1991). *"Patología en las obras."* Revista Construcción y Tecnología.
4 (40) México, D. F. pp. 14-22.

Delibes Liners, Adolfo y Jaime Fernández Gómez (1993). *"Investigación sobre Reparación de Estructuras de Hormigón Armado Dañadas por Corrosión de Armaduras"*. Revista Hormigón y Acero. 4 (189) Madrid. pp. 125-135.

Edison, Michael P. (1994). *"Cemento Modificado con Latex"*. Revista Construcción y Tecnología. 6 (70) México, D.F. pp. 13-18.

ENR (1991). Engineering News Record. *"Concrete Repair."* Revista Engineering News Record. 226 (18) E.U.A. pp.58-65.

ENR (1991). Engineering News Record. *"Repair or Replace? Reinvest of Reinvent? A Few Perspectives on Giving Sound Structures and Decks New Life".* Revista Engineering News Record. 226(18) E.U.A. pp. 58 - 65.

Feld, Jacob (1978). *Fallas Técnicas en la Construcción.* México, D.F.: Limusa.

Fernández Cánovas, Manuel (1974). *Las Resinas Epoxi en la Construcción.* Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Fernández Cánovas, M. (1984). *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado.* 2ª ed. Madrid: Ed. Dossat, S.A.

FIP (1982). Federation Internationale de la Precontrainte. *"Shear at the Interface of Precast and in situ Concrete."* En FIP Guide to Good Practice. London.

FIP (1982). Federation Internationale de la Precontrainte. *Recommendations on Practical Design of Reinforced and Prestressed Concrete Structures Based on the CEB/FIP Model Code 1979.* London.

FIP (1987). Federation Internationale de la Precontrainte. *"Concrete Construction in Hot Weather."* En FIP Guide to Good Practice. London: Federation Internationale de la Precontrainte.

FIP (1992). Federation Internationale de la Precontrainte. *Durable Concrete Structures, Design Guide* London: Comité Euro-International du Beton.

Flores, Lorenzo (1993). *"Importancia de la Mano de Obra en la Durabilidad y de la Certificación del Inspector de Construcción."* En Durabilidad del Concreto, ed. Raymundo Rivera, traducido por Iliana Garza. Monterrey: Facultad e Instituto de Ingeniería Civil. pp.373-386.

Fulton, F. S., y P.H. Crawford (1971). *"Defects and Repairs"*. En Cement and Concrete. Johannesburgo: The Portland Cement Institute.

Gallegos, Héctor (1994). *"Resistencia y Calidad del Concreto."* Revista Construcción y Tecnología. 7 (75) México, D.F. pp. 7-12.

Glassgold, I. León (1984). *"Reparación de Estructuras de Concreto en Medios Marinos"*. Revista IMCYC. 22 (162) México D. F. pp. 21-33.

González Serrano, Antonio (1991). *"Aplicación de la Técnica de los Conectores de las Estructuras Mixtas, para la Reparación de las Estructuras de Hormigón."* Revista Hormigón y Acero. 1 (178) Madrid. pp. 99-104.

González, O. M., F. Robles, R. Díaz de Cossío (1981). *"Resistencia y Deformación de los Elementos de Concreto Reforzado."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México, D.F.: Limusa. pp.211-320.

González, J .A. y coautores (1996). *Some Questions on the Corrosion of Steel in Concrete. Parte I y II When, How, and How much Steel Corrodes.* Cachan Cedex: International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (RILEM). pp. 40 - 45 y 97 - 104.

Grassa Garrido, José Ma. (1984). *"Concreto con Superfluidificantes"*. Revista IMCYC. 22 (162) México, D. F. pp. 45-58.

Grunau, Edvard B. (1988). *Lesiones en el Hormigón. Reparación, Protección.* Ediciones CEAC.

Hermann, Kurt (1998). *"Limpieza de Superficies de Concreto"*. Revista Construcción y Tecnología. 10 (77) México, D. F. pp. 14-19.

Higgins, D.D.(1984). *Repairs to Concrete Affected by Reinforcement Corrosion.* Wexham Springs: Cement and Concrete Association.

IMCYC (1970). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *"Problemas de Reparación de Concreto: Causas y Soluciones."* Revista IMCYC. 8 (45) México. pp.7-28.

IMCYC (1983). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *"Cuatro Pasos Sencillos para Reparar Concreto"*. Revista IMCYC. 21 (145) México, D. F. pp. 45-49.

Iglesias Jiménez, Jesús (1989). *"Evaluación de Edificios de Concreto en la Ciudad de México"*. Curso Básico IMCYC. México, D. F.

Iglesias Jiménez, Jesús y coautores (1992). *Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería.* Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. México, D. F.

Kaminetzky, Dov (1981). *"Failures During and After Construction"*. Revista Concrete Construction. 26 (8) E.U.A. pp. 641-649.

King, John C. y Alfonso Wilson L. (1988). *"If It's Still Standing, It can be Repaired"*. Revista Concrete Construction. 33 (7) E.U.A. pp. 643-650.

Kosmatka, Steven y Anthony Fiorato (1991). *Detecting and Avoiding Alkali-Aggregate Reactivity.* Revista Concrete Technology Today. 12 (3) Wexham Springs: Portland Cement Association.

Kostyk, Barry W. y James Parnell (1984). *"An Effective Repair for Leaking Waterstops"*. Revista Concrete Construction. 29 (6) E. U. A. pp. 594-596.

Lambert, P., L. Page, y W. Vassie (1991). *"Investigations of Reinforcement Corrosion. Electrochemical Monitoring of Steel in Chloride-Contaminated Concrete."* Revista Materials and Structures (RILEM) 24 Cachan Cedex. pp. 351-358.

Lyn, T.Y. y P. Zia (1981). *"Resistencia y Deformación de los Elementos de Concreto Presforzado."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México D.F.: Limusa. pp. 321-426.

Mailuaganam, Noel P. (1993). *Concreting with Chemical Admixtures.* Revista The Construction Specifier. E.U.A.

Malhotra. V. y coautores (1982). *Silica Fume. A Pozzolan of New Interest for Use in Some Concretes.* Revista Concrete Construction. E.U.A. pp.443-448.

Maña, F. (1978). *Patología de las Cimentaciones.* Barcelona: Ed. Blume.

Mather, Bryant (1993). *"How to Obtain Durable Concrete."* En Durabilidad del Concreto, ed. Raymundo Rivera Villarreal, traducido por Iliana Garza. Monterrey: Facultad e Instituto de Ingeniería Civil. U.A.N.L. pp. 1-14.

McDermott, J.F.(1981). *"Acero de Refuerzo."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler. México, D.F.: Limusa. pp.56-78.

Mendoza, Carlos J.(1993). *"Evitando Agrietamiento se Mejora la Durabilidad"* En Durabilidad del Concreto, ed. Raymundo Rivera Villarreal, traducido por Iliana Garza. Monterrey: Facultad e Instituto de Ingeniería Civil. U.A.N.L. pp.81-106.

Molina, F. J., y Alonso Andrade (1993). *"Cover Cracking as a Function of Rebar Corrosion. Part 2. Numerical Model".* Revista Materials and Structures (RILEM). 26 Cachan Cedex. pp. 532-548.

Mori, Y.(1994). *"Maintaining Reliability of Concrete Structures"*. Journal of Structural Engineering. ASCE. 120 (3) E.U.A. pp.25-30.

Natesalayer, Kumar (1992). *Cornell's Gel Flouresence Test Identifies ASR Products in Concrete.* Revista Concrete Technology Today 13 (2) Wexham Springs: Portland Cement Association. pp-22-28.

Nawy, Edward G. (1996). *Reinforced Concrete.* A Fundamental Approach. 3rd. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.

O'Brien, T. P. (1980). *"Concrete Deterioration and Repair Proceedings."* Institution of Civil Engineers. 68 Londres. pp. 399-408.

Owens, Philip L.(1981). *"Utilización de Cenizas Volantes en el Concreto"*. Revista IMCYC. 18 (118) México, D. F. pp. 29-39.

Parrot, L. J. (1994). *"Damage Caused by Carbonation of Reinforced Concrete"*. Revista Materials and Structures (RILEM). 23 Cachan Cedex. pp. 230-34.

Philleo, Robert E. (1972). *"Factores que Afectan la Resistencia a la Compresión del Concreto."* En Tecnología del Concreto: Memorias sobre el Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto, Monterrey, Dic. 7-8, 1972 por la Facultad de Ingeniería Civil. U.A.N.L. Monterrey. pp. 1-16.

Pigeon, Michael y Francois Saucier (1992). *"Durability of Repaired Concrete Structures"*. En Advances in Concrete Technology. Canada: Canada Center for Mineral and Energy Technology (CANMET). pp.741-772.

Pröpster, Hans (1980) *Lesiones de Solados y Alicatados. Causas y Rparación.* Vol. 1 y 2. Ediciones CEAC. Barcelona.

Rabbat, Basile G. y Kenneth F. Dunker (1994). *"Puentes de Durabilidad y Bajo Mantenimiento"* Revista Construcción y Tecnología. 6 (69) México, D. F. pp. 42 - 45.

Ramírez, J.L. etal. (1993). *"Reparación Localizada de Columnas de Hormigón con Pérdida Total de Resistencia"*. Revista Hormigón y Acero. (188) España. pp. 105 - 116.

Raupach, M. *Investigations on the Influence of Oxygen on Corrosion of Steel in Concrete- Part 2.* Cachan Cedex: International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (RILEM).

Rivera, Raymundo (1993). *"Función de los Aditivos en la Durabilidad del Concreto"*. En Durabilidad del Concreto, ed. Raymundo Rivera, traducido por Iliana Garza. Monterrey: Facultad e Instituto de Ingeniería Civil. U.A.N.L. pp.157-184.

Rizzo, Edward M. and Martin Sobelman (1989). *"Selection Criteria for Concrete Repair Materials"*. En Repair and Rehabilitation of Concrete Structures. ACI Compliation No. 10. Detroit: American Concrete Institute. pp. 41-44.

Robery, P. C. *"Structural Repairs."* Revista Concrete. 17 (2) Inglaterra. pp. 23 - 24.

Romero López, José Eduardo. *"Las Resinas Epóxicas en la Rehabilitación de Estructuras de Concreto"*. Revista Construcción y Tecnología. 9 (107) México, D. F. pp. 38 - 44.

Saetta, Anna V. etal. (1993). *"Analysis of Chloride Diffusion into Partially Saturated Concrete."* Revista ACI Materials Journal. E.U.A. pp. 441-451.

Sawada, Eiki (1990). *Método de Reparación de Estructuras de Concreto Reforzado Dañadas por la Sal.* Traducido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, D.F.: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Sergi, G. etal. (1991). *"Electrochemical Induction of Alkali-Silica Reaction in Concrete."* Revista Materials and Structures (RILEM) 21 Cachan Cedex.. pp.359-361.

Sika (1989). *Hormigón. Sanear, Reparar, Proteger.* Suiza: Sika.

Sikes, David (1989). *"Do it Right the First Time."* Revista Concrete Construction. 34 (2) E.U.A. pp. 105 - 111.

Stark, David C. (1992). *Lithium Salt Admixtures - An Alternative Method to Prevent Expansive Alkali-Silica Reactivity.* Proceedings of the 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete in London. Wexham Springs: Portland Cement Association.

Suprenant, Bruce (1988). *"Bonding New Concrete to Old."* Revista Concrete Construction. 33 (7) E.U.A. pp. 676 - 680.

Thomas, Jay and Thomas Kline (1996). *"Strengthening Concrete with Carbon-Fiber Reinforcement."* Revista Concrete Repair Digest. E.U.A. pp.15-18.

Thorp, Erik (1995). *"Protección del Concreto,"* Revista Construcción y Tecnología. 8 (87) México, D. F. pp. 6 - 22.

Watstein, D. Y Boris Bresler (1981). *"Adherencia y Agrietamiento en el Concreto Reforzado."* En Concreto Reforzado en Ingeniería. Traducido por José Luis Lepe, ed. Boris Bresler, 167-210. México, D.F.: Limusa.

Winters, Arthur T. (1989). *"Using Admixtures Succesfully."* Revista Concrete Construction. 34 (2) E.U.A. pp. 113 - 116.

ANEXO A

Glosario

GLOSARIO

Acciones: Cualquier agente externo ó proceso autógeno interno que induce en una estructura efectos de diversa índole tales como esfuerzos internos, deformaciones y eventualmente daños ó deterioro físico. También se les identifica como solicitaciones ó perturbaciones.

Agresiones: son una clase de acciones ó solicitaciones asociadas particularmente a la cualidad de durabilidad de una estructura. Son cualquier agente externo y proceso autógeno interno que pueda inducir efectos nocivos para una estructura, pero que no es posible expresarlos en términos de fuerzas y desplazamientos por lo que no se introducen en los cálculos de la mecánica estructural.

Colapso progresivo: Ocurre cuando el colapso local de un elemento o sector degenera en el colapso global de la totalidad de una estructura o de una región desproporcionadamente grande de la misma.

Construcción: Conjunto de obra terminada que comprende el concepto del proyecto, dimensionamiento estructural, selección y manufactura de los materiales, ejecución y montaje de la totalidad de los componentes, sistemas e instalaciones incluyendo la limpieza de la obra.

Daños: Término general que comprende todas las lesiones -externas ó internas- que sufre una estructura, provocadas por una violencia exterior, generalmente derivada de su exposición a solicitaciones mecánicas accidentales de máxima intensidad ó a situaciones extraordinarias como pueden ser: acciones sísmicas, explosiones, incendios y sobrecargas por abuso, entre otras.

Defectos: Menoscabo ó detrimento que sufren las características de una estructura como consecuencia de errores u omisiones cometidos en las etapas de planeación y diseño (defecto congénito) ó en la etapa de ejecución (defecto adquirido) aún y cuando se descubra posteriormente a la recepción de la obra por parte del propietario. En lenguaje jurídico se les identifica como vicios ocultos.

Degeneración: Paso de una forma morbosa a otra más grave.

Desgaste: Alteraciones en el color, textura, composición química ó en otras propiedades naturales ó artificiales de un material causadas por la acción de los agentes atmosféricos.

Deterioro: Menoscabo ó detrimento progresivo que sufren las características de una estructura a través del tiempo, causado por agresiones físicas, químicas ó biológicas externas ó por influencias autógenas internas.

Disfunciones: Nombre genérico con el que se identifican los signos visibles ó manifestaciones de anomalías en la respuesta de la estructura a nivel de solicitaciones de servicio y operación; p. ej: vibraciones ó flechas excesivas.

Envejecimiento: V. Deterioro

Durabilidad: Habilidad que posee una estructura para resistir agresiones físicas, químicas, biológicas y de los agentes atmosféricos conservando su integridad ó sanidad a través del tiempo.

Error: Desviación significativa, no intencional, de la correcta práctica profesional aceptada; es decir, aquélla que es aceptada por la mayoría de los expertos reconocidos en la rama del conocimiento ó del saber humano correspondiente.

Estado crítico: V. Estado límite.

Estado límite: cualquier etapa del comportamiento de una estructura a partir de la cual su respuesta se considera no satisfactoria ó inaceptable. También se les designa como estados críticos.

Evaluación estructural: Conjunto de actividades, estudios y trabajos necesarios para detectar lesiones y disfunciones de una estructura e identificar sus causas, orígenes y mecanismos; y establecer si su respuesta ó comportamiento cumple con una determinada normatividad. Incluye además la determinación de si son necesarias ó no intervenciones terapéuticas para capacitar a la estructura de modo que cumpla con la normatividad establecida y como deben ser ejecutadas. También comprende la recomendación de acciones inmediatas para reducir ó eliminar el riesgo ó peligro de colapso inminente cuando sea este el caso.

Falla: cualquier defecto, disfunción, anomalía ó imperfección que ocurra durante la vida de una estructura y que da origen a un comportamiento que no concuerda con las expectativas previstas en el proyecto original incapacitándola para desempeñar satisfactoriamente las funciones a las que estaba destinada, lo que usualmente conduce a llevar a cabo intervenciones para rehabilitarla en mayor ó menor grado.

Ingeniería forense: Aplicación de la ciencia y el arte de la ingeniería, dentro del sistema judicial de un país, para dar solución a controversias legales surgidas a raíz de fallas ocurridas en construcciones e instalaciones diversas para lo cual se requiere de la participación de peritos profesionales calificados.

Inspección: Proceso por el cual se detectan, registran y documentan posibles anomalías -- defectos, deterioros ó daños -- presentes en estructuras existentes. Comprende todas las actividades necesarias para determinar el estado ó condiciones de la estructura a la fecha de la inspección incluyendo el acopio de información requerida para identificar los orígenes, causas y mecanismos de las lesiones observadas.

Integridad estructural: Estado de completo bienestar, sin deterioro, daños ni defectos, de una estructura ó edificación el que, una vez terminada y debidamente conservada, asegura que ni la estructura ni sus componentes fallarán en forma alguna durante el período proyectado de existencia. También se le conoce como sanidad estructural.

Lesiones: Nombre genérico con el que se identifican los distintos signos visibles ó síntomas de daños, defectos ó deterioro sufridos por una estructura. Alteración morbosa que sufre una estructura ó cualquiera de sus componentes.

Mantenimiento: Conjunto de actividades -- incluyendo la inspección -- necesarias para que una estructura pueda continuar desempeñando satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñada ó para preservar su nivel original de apariencia estética.

Morboso: que provoca alteración del estado de sanidad de una estructura ó de sus componentes.

Patología estructural: estudio sistemático y ordenado de los síntomas, mecanismos, causas y orígenes de los defectos, deterioro y daños que sufren las construcciones para que éstos puedan diagnosticarse y tratarse con propiedad.

Perturbaciones: V. Acciones.

Profilaxis estructural: conjunto de medidas preventivas que deben ser tomadas en las construcciones nuevas desde las etapas de planeación, diseño y ejecución de obra, a fin de preservarlas de defectos y deterioro prematuros.

Reconstrucción parcial: Recuperación de la capacidad resistente y rigidez originales de un elemento ó estructura mediante la remoción de sectores severamente dañados ó deteriorados y la reposición por materiales nuevos -- concreto y acero de refuerzo --. Usualmente los trabajos de reconstrucción parcial requieren del apuntalamiento temporal del elemento sujeto a reparación.

Reestructuración: Modificación en forma global del proyecto ó configuración estructural original de una edificación que se hace necesaria para corregir un defecto congénito de estructuración; para reforzar la edificación en su conjunto ó para efectuar una modificación al proyecto arquitectónico original. En el diseño de una reestructuración es de particular importancia que la rigidez de los nuevos elementos sea compatible con la rigidez de la estructura original si se desea lograr un trabajo en conjunto. Asimismo, debe revisarse la trasmisión de cargas a la cimentación lo que frecuentemente conducirá a la necesidad de modificarla. Los trabajos de reestructuración por lo general implican la ejecución de obras de gran extensión y complejidad que requieren de la puesta fuera de servicio de la edificación.

Refuerzo: Incremento de la capacidad resistente de un elemento mediante procedimientos como el encamisado con concreto reforzado ó con acero estructural. El refuerzo de un elemento suele producir cambios en su rigidez que deberán tomarse en cuenta en los análisis para evaluar la respuesta de la estructura modificada.

Rehabilitación: Es el conjunto de acciones e intervenciones terapéuticas necesarias para recuperar parcial ó totalmente ó para incrementar la capacidad original de la estructura de tal forma que su respuesta ó comportamiento sea satisfactorio al ser sometida a las solicitaciones permanentes y accidentales de acuerdo con la normatividad vigente.

Respuesta: Conjunto de parámetros físicos que describen el comportamiento de una estructura ante las acciones ó solicitaciones que le son aplicadas.

Reparación: Recuperación de la capacidad resistente y rigidez originales del elemento o estructura. Usualmente los trabajos de reparación pueden llevarse a cabo manteniendo la edificación en uso u operación. Esta técnica también se le identifica como **restauración** y se aplica a casos en los que el elemento o estructura manifiesta signos de daños ó deterioro factibles de corregir sin necesidad de recurrir a la demolición y reposición de sectores ó elementos severamente lesionados.

Restauración: V. Reparación.

Sanidad: V. Integridad estructural.

Solicitaciones: V. Acciones.

Terapéutica estructural: estudio del tratamiento ó medidas necesarias para la solución de los problemas patológicos de las construcciones.

Traumatismo: V. Daños

Vicios ocultos: V. Defectos

Vida de diseño: Período de tiempo previsto desde la etapa de planeación y diseño en el cual una estructura debe ser capaz de cumplir satisfactoriamente con la misión para la que fue concebida sin ocasionar gastos excesivos ó inesperados de mantenimiento.

ANEXO B

Figuras

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Torsión en vigas de borde.

Figura No. 2 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Nudos articulados.

Figura No. 3 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Imprevisión de situaciones transitorias.

Figura No. 4 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Cimentaciones someras de lindero.

Figura No.5 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Ménsulas.

Figura No.6 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Marcos rígidos especiales.

Figura No.7 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Incompatibilidad de deformaciones entre
elementos estructurales y no estructurales.

Figura No.8 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Detallado del acero de refuerzo.
Cambios de dirección en las barras de refuerzo.

Figura No. 9 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Congestionamiento excesivo.

Figura No.10 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Nudos de esquinas que cierran.

Figura No.11 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural
Nudos de esquinas que abren.

Figura No.12 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Refuerzo de suspensión I.

Figura No.13 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Refuerzo de suspensión II.

Figura No.14 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Ménsulas I.

Figura No.15 Defectos congénitos.
Concepción errónea del comportamiento estructural.
Ménsulas II.

Figura No.16 Defectos adquiridos.
Materiales.
Deformabilidad del suelo de desplante.
Asentamientos.

Figura No.17 Defectos adquiridos.
Materiales.
Deformabilidad del suelo de desplante.
Expansiones.

Figura No.18 Defectos adquiridos.
Procedimientos de obra.
Hundimiento de un puntal de la cimbra.

Figura No.19 Ejemplos de grietas intrínsecas ó no estructurales en elementos de concreto.

Figura No.20 Defectos adquiridos.
Agrietamiento del concreto fresco.
Contracción plástica.

Figura No.21 Defectos adquiridos.
Agrietamiento del concreto fresco.
Asentamiento plástico.

Figura No.22 Las primeras veinticuatro horas del concreto.

Figura No.23 Defectos adquiridos.
Agrietamiento del concreto fresco.
Deformaciones de los moldes.

Figura No.24 Defectos adquiridos.
Agrietamiento del concreto fresco.
Deformaciones de terracerías (en losas sobre suelo).

Figura No.25 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Contracción por secado I.

Figura No.26 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Contracción por secado II.

Figura No.27 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Contracción por secado III.

Figura No.28 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Contracción térmica temprana.

Figura No.29 Daños ocasionados por acciones mecánicas.
Agrietamiento por actuación directa de cargas.

Figura No.30 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Estrellamiento.

Figura No.31 El primer año del concreto.

Figura No.32 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos.
Agrietamiento.
Ciclos de congelación y deshielo.

Figura No.33 Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos.
Agrietamiento.
Reacción álcali-agregado.

Figura No.34 Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos.
Efecto del ataque por ácidos.

Figura No.35 Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos.
Efecto del ataque por sulfatos.

Figura No.36 Deterioro del concreto endurecido
por procesos biológicos.
Efecto del ataque por aguas residuales
en sistemas de alcantarillado.

Figura No.37 Deterioro superficial del concreto endurecido.
Depósitos de polvo por contaminación medioambiental.

Figura No.38 Corrosión del acero de refuerzo.
Mecanismos de la corrosión.
Formación de la pila de corrosión
en el concreto reforzado.

Figura No.39 Corrosión del acero de refuerzo.
Mecanismos de la corrosión.
Esquema de microcelda de corrosión.

Figura No.40 Corrosión del acero de refuerzo.
Mecanismos de la corrosión.
Esquema de macrocelda de corrosión.

Figura No.41 Corrosión del acero de refuerzo.
Mecanismos de la corrosión.
Corrosión por picaduras debido a cloruros.

Figura No.42 Corrosión del acero de refuerzo.
Mecanismos de la corrosión.
Carbonatación en el concreto.

Figura No.43 Protección del acero de refuerzo.
Recubrimientos y separación entre barras.
Accesorios para el habilitado.

Figura No.44 Intervenciones terapéuticas.
Reparación vs. reconstrucción parcial.

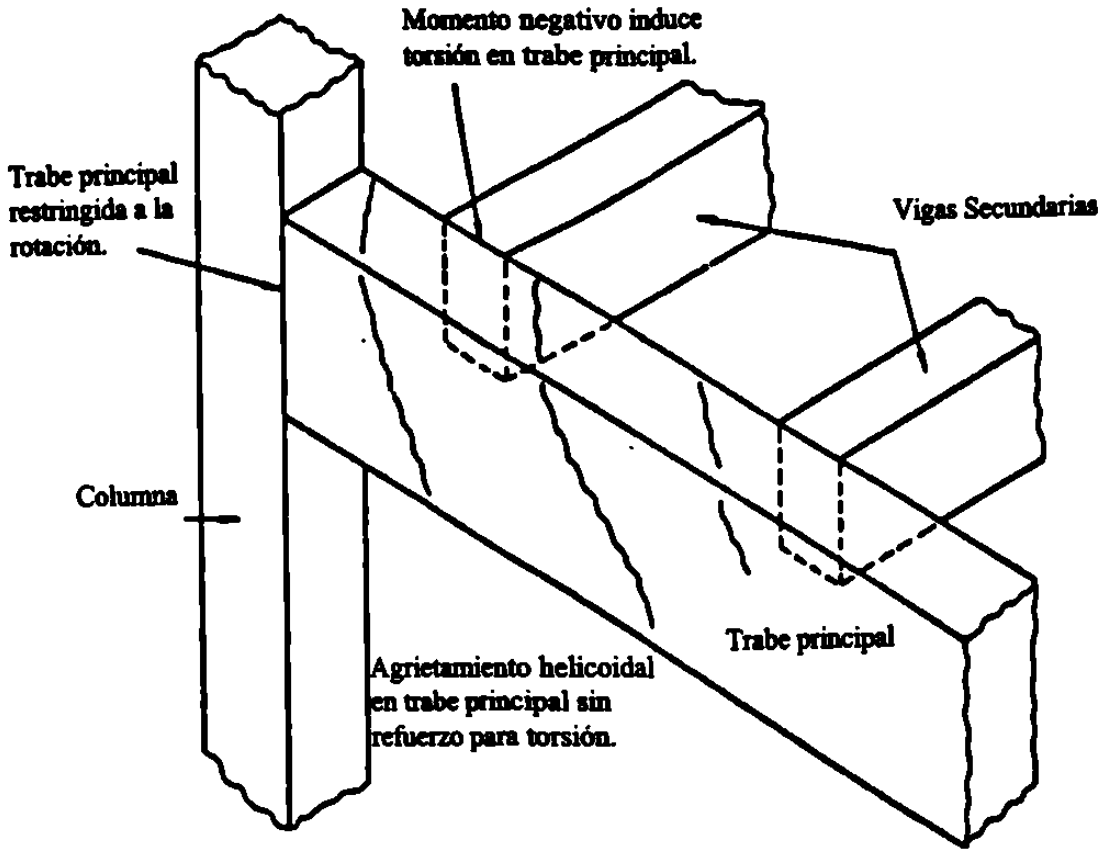


Figura No.1

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Torsión en vigas de borde.

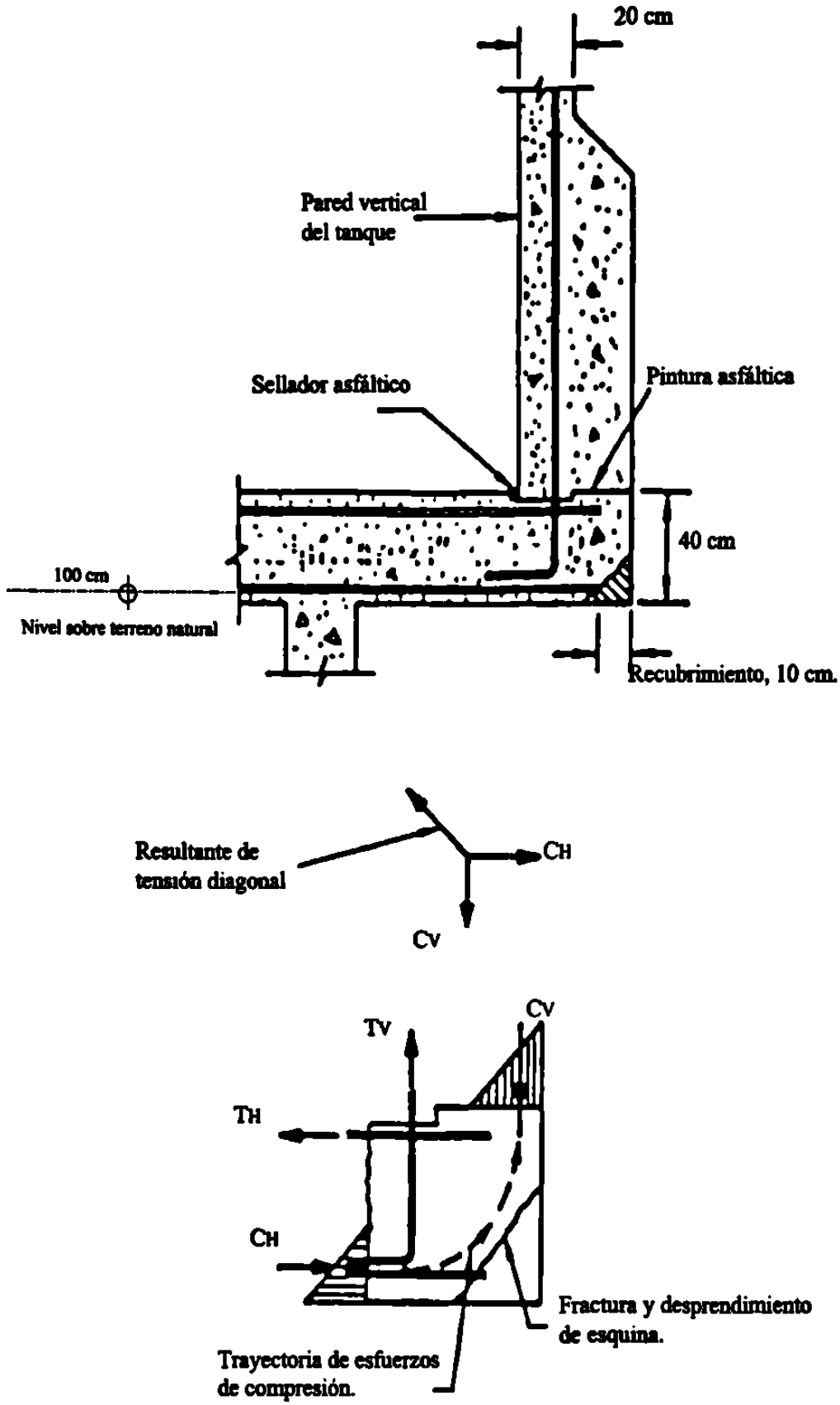


Figura No.2

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Nudos articulados.

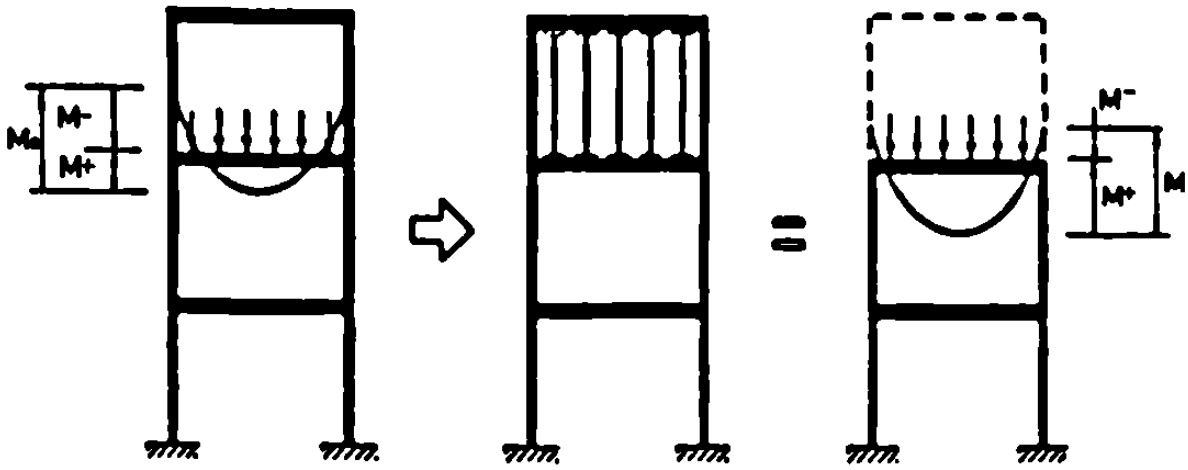


Figura No. 3

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Imprevisiones de situaciones transitorias.

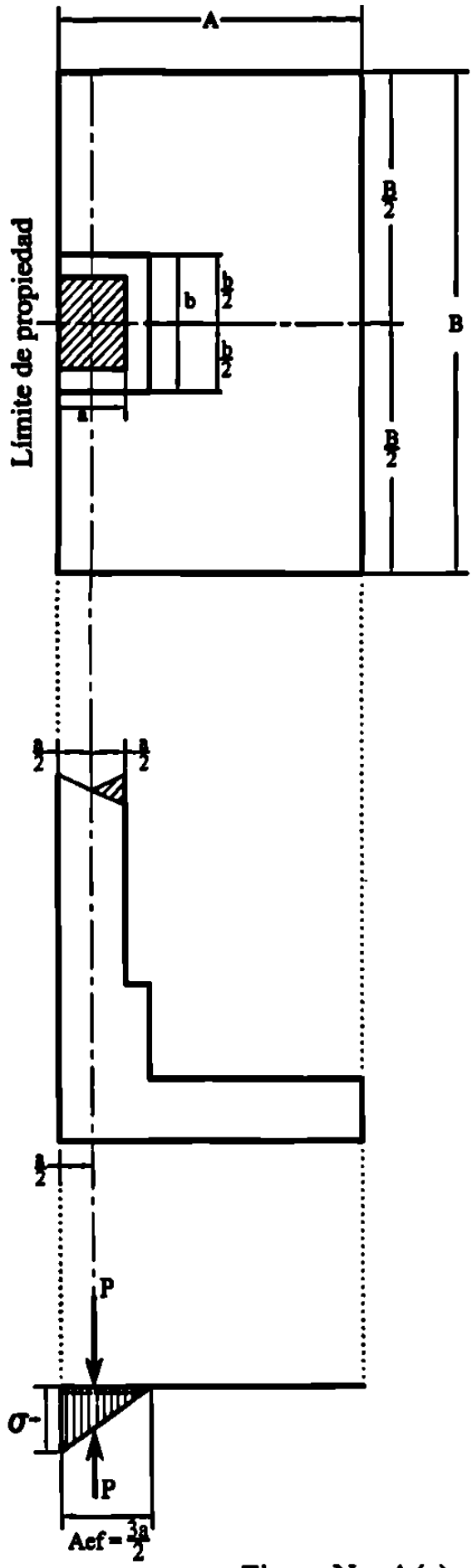


Figura No. 4 (a)

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Cimentaciones someras de lindero

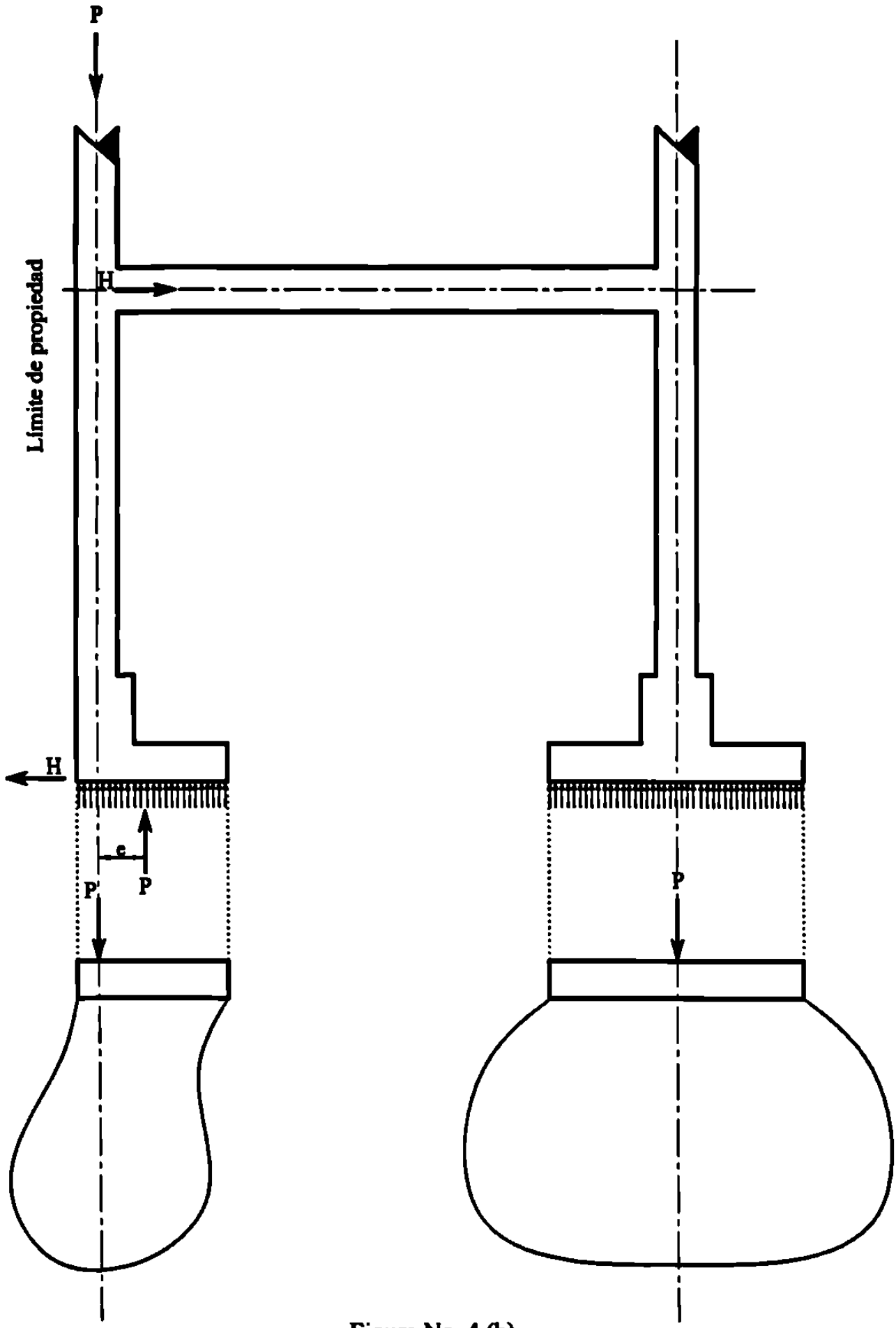


Figura No. 4 (b)

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Cimentaciones someras de lindero

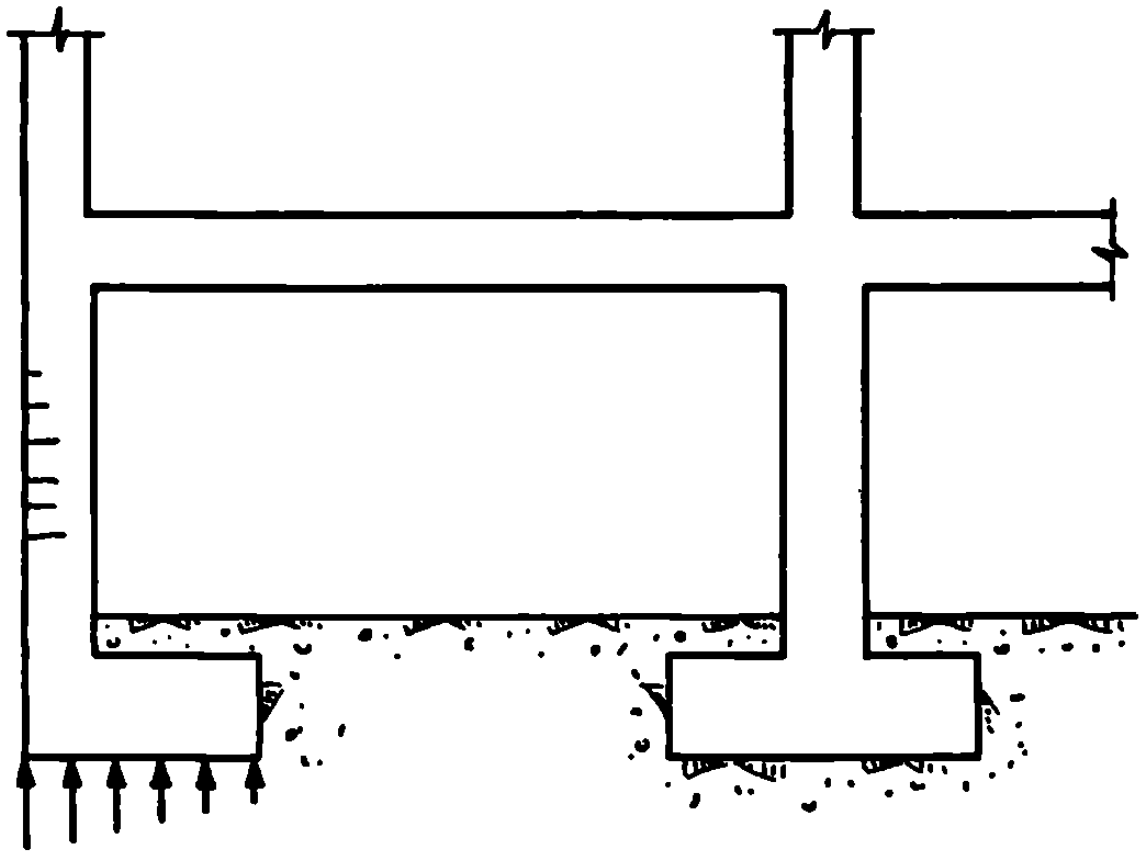


Figura No. 4 (c)

Defectos congénitos
Concepción erronea del comportamiento estructural
Cimentaciones someras de lindero

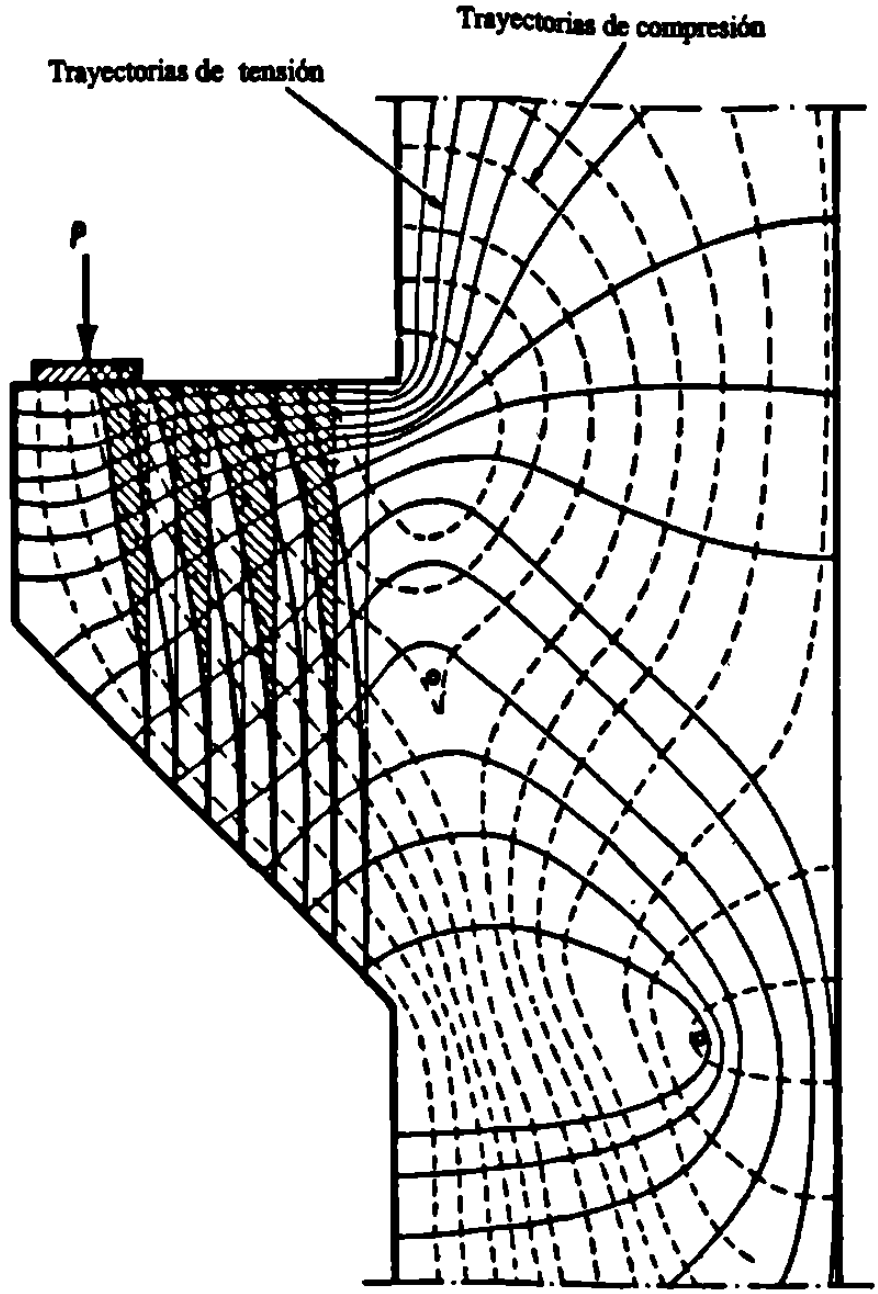


Figura No. 5(a)

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Ménsulas

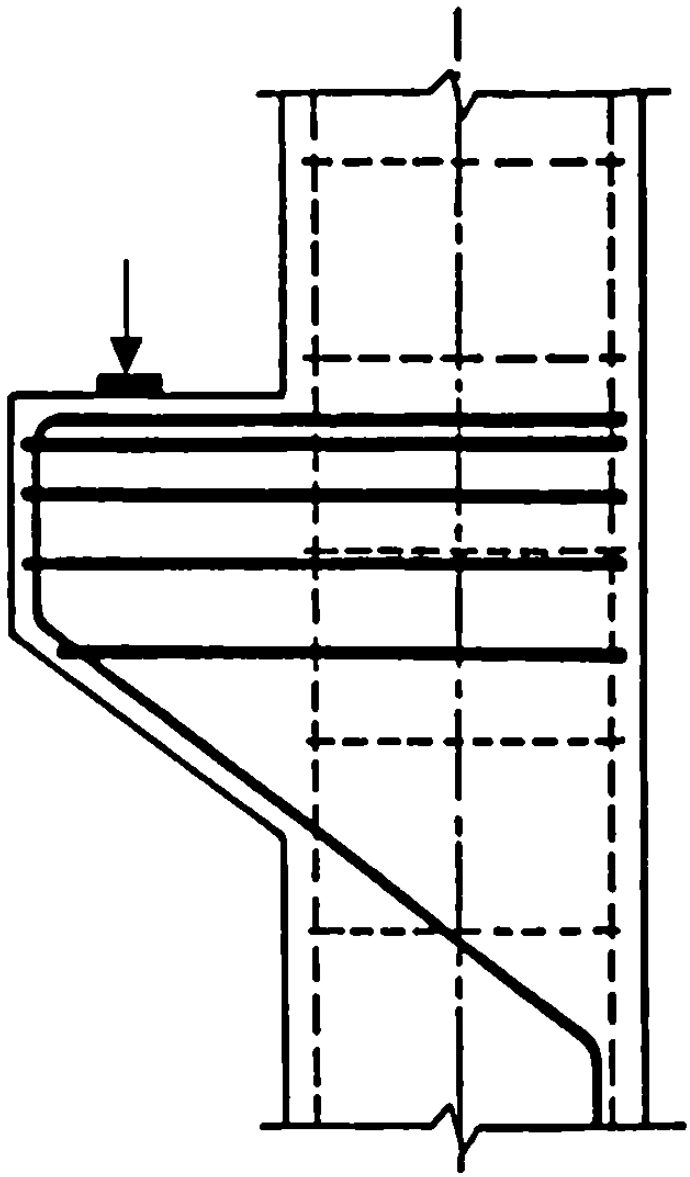
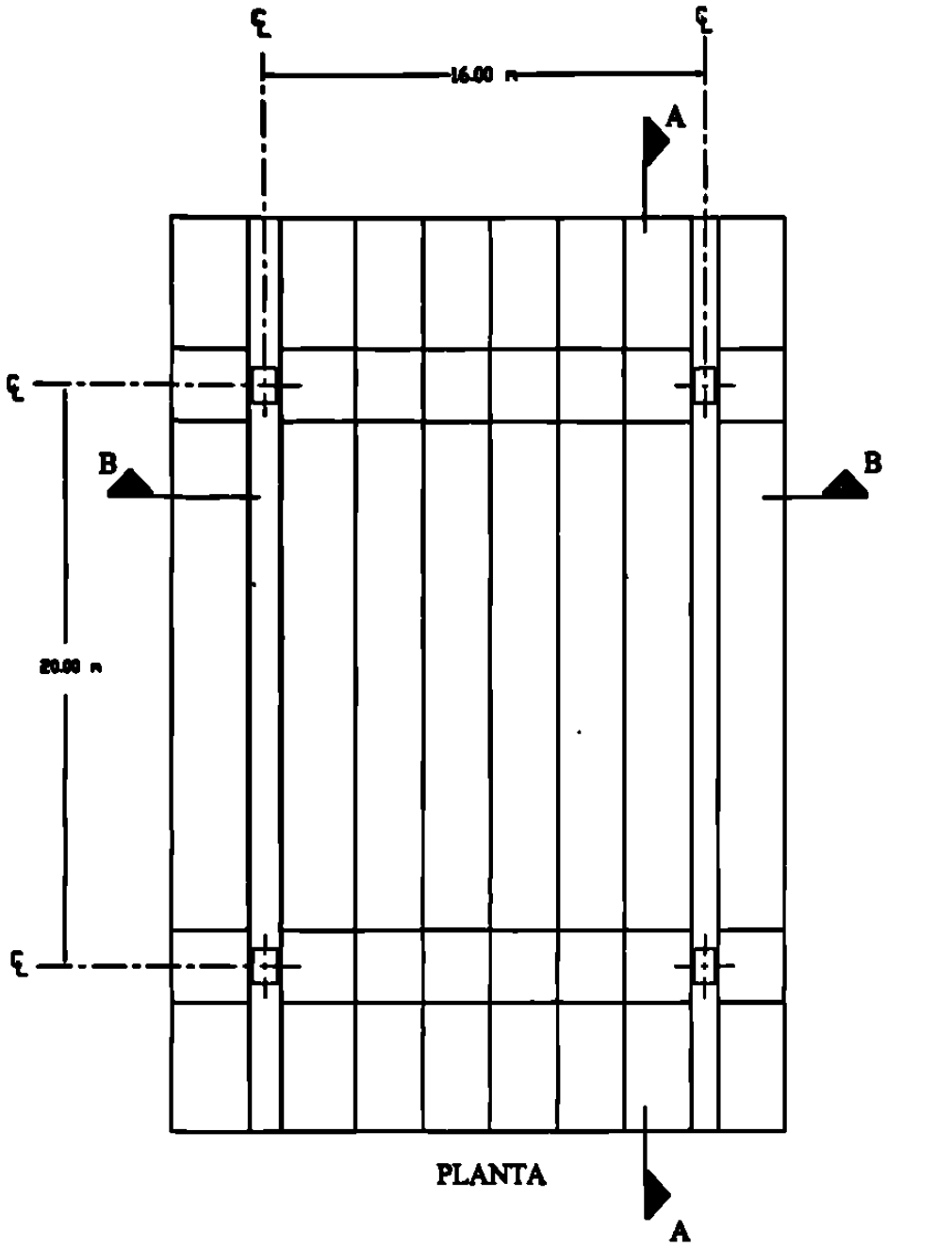
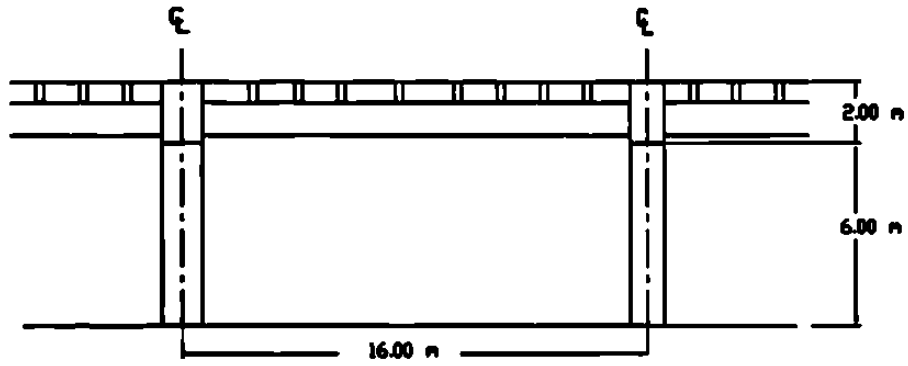


Figura No. 5(b)

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Ménsulas

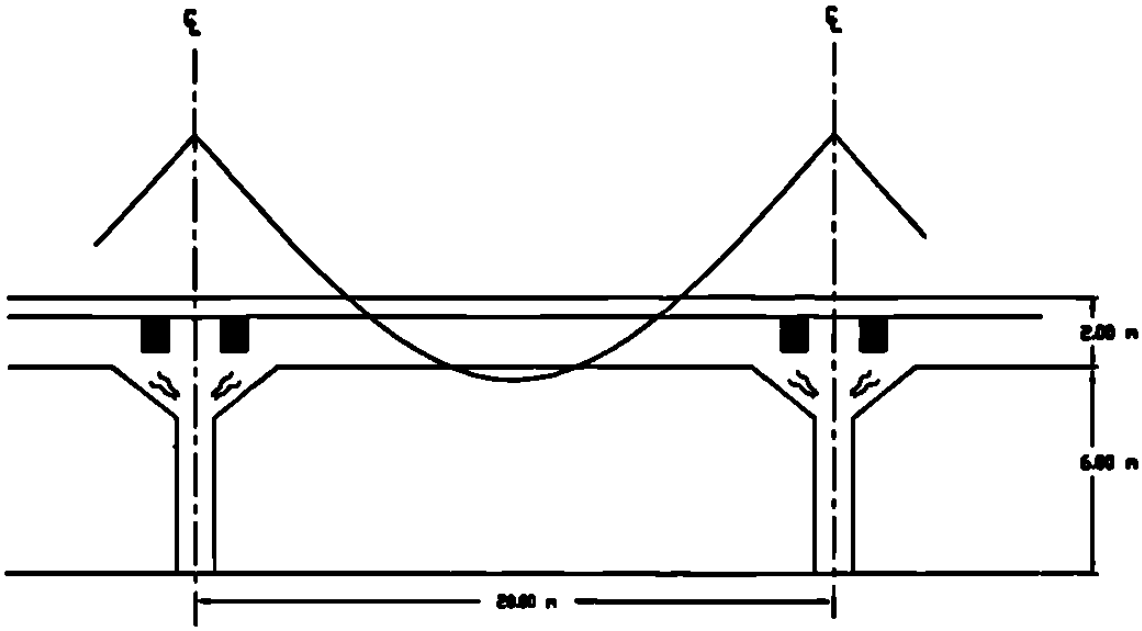


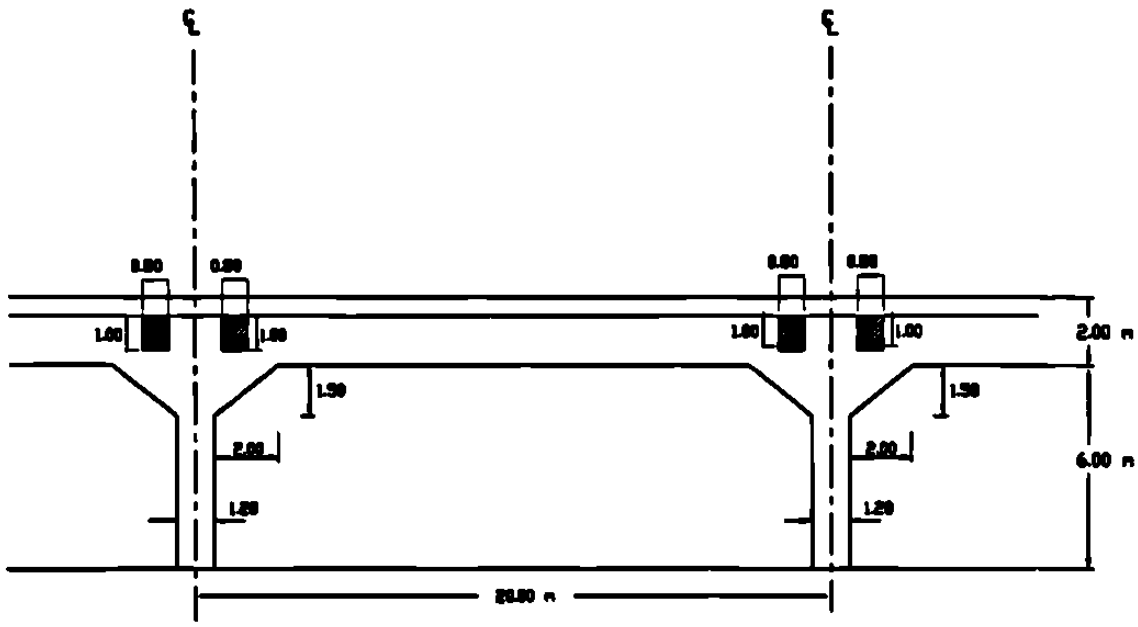


SECCIÓN B-B

Figura No. 6

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Marcos rígidos "especiales"





SECCIÓN A-A

Figura No. 6 (b)

Defectos congénitos
Concepción errónea del comportamiento estructural
Marcos rígidos "especiales"

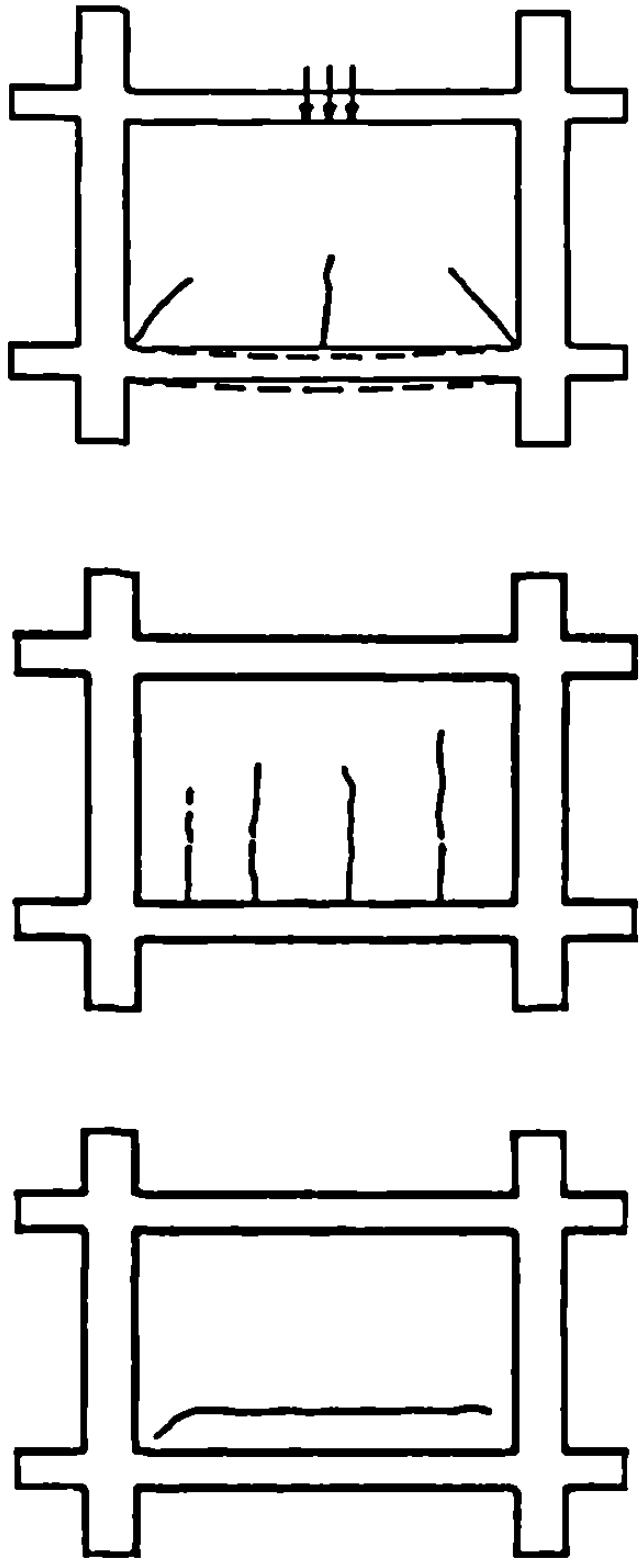


Figura No. 7

Defectos congénitos del comportamiento estructural
Incompatibilidad de deformaciones entre elementos estructurales y no estructurales

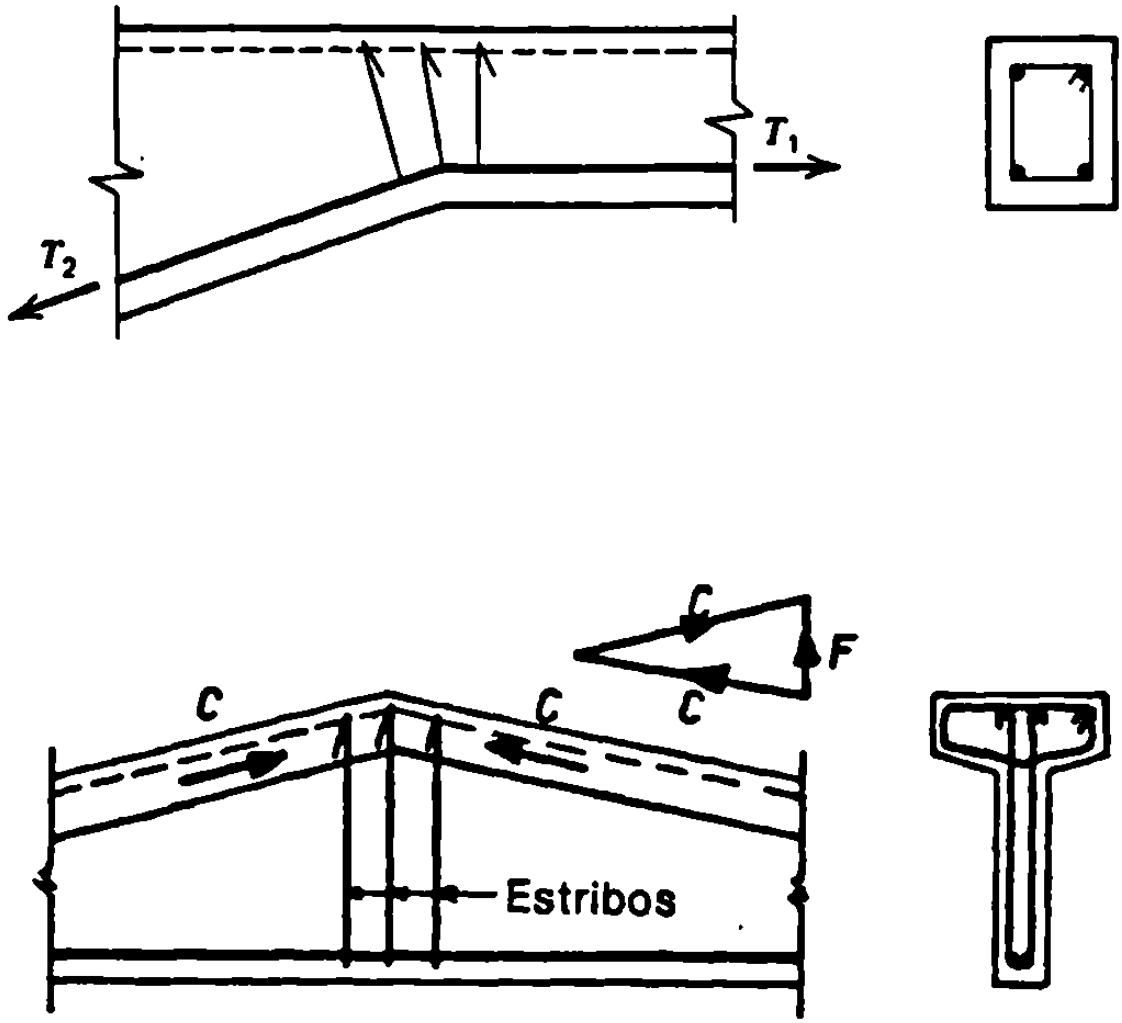


Figura No. 8(a)

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Cambio de dirección en las barras de refuerzo.

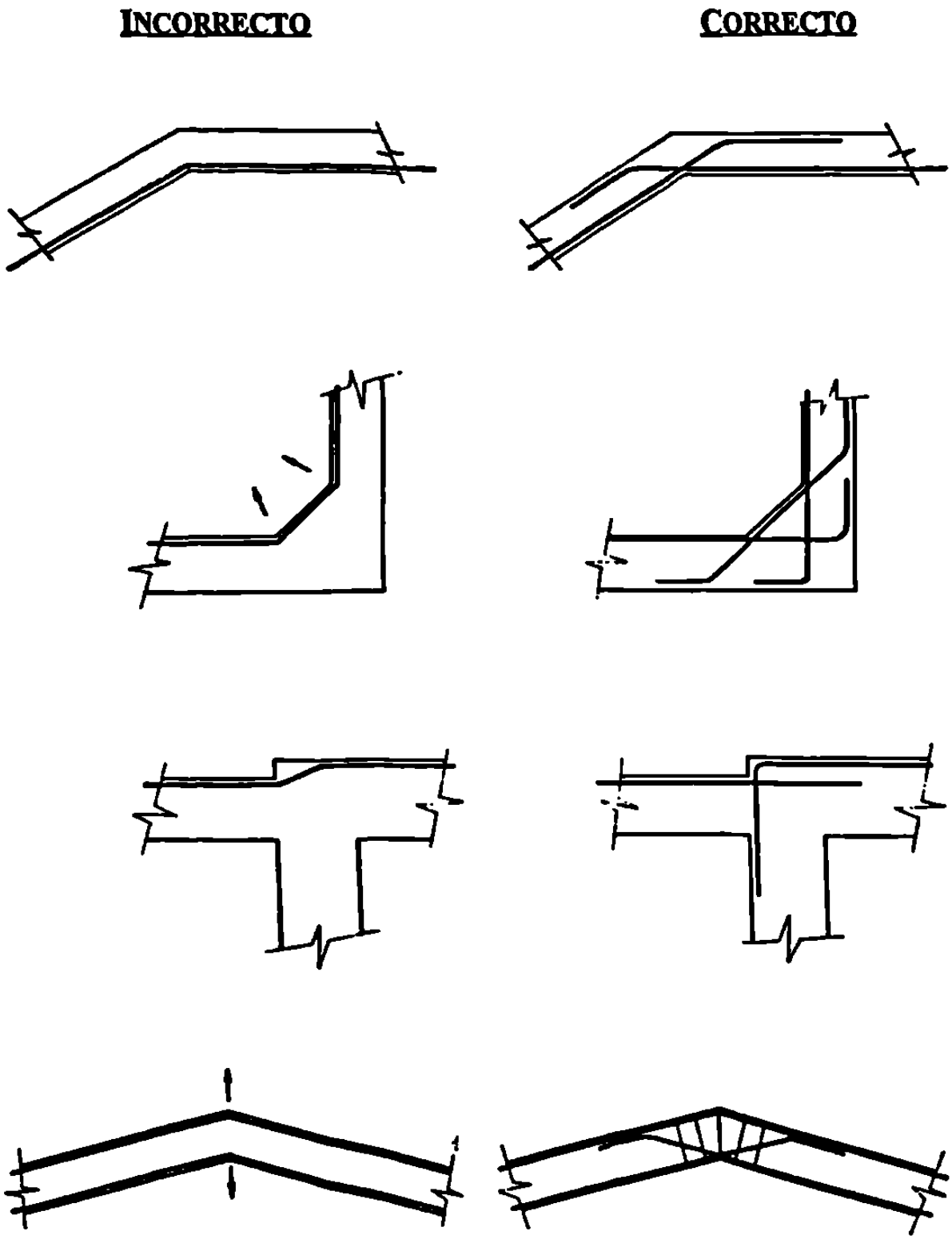


Figura No. 8(b)

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Cambios de dirección en las barras de refuerzo

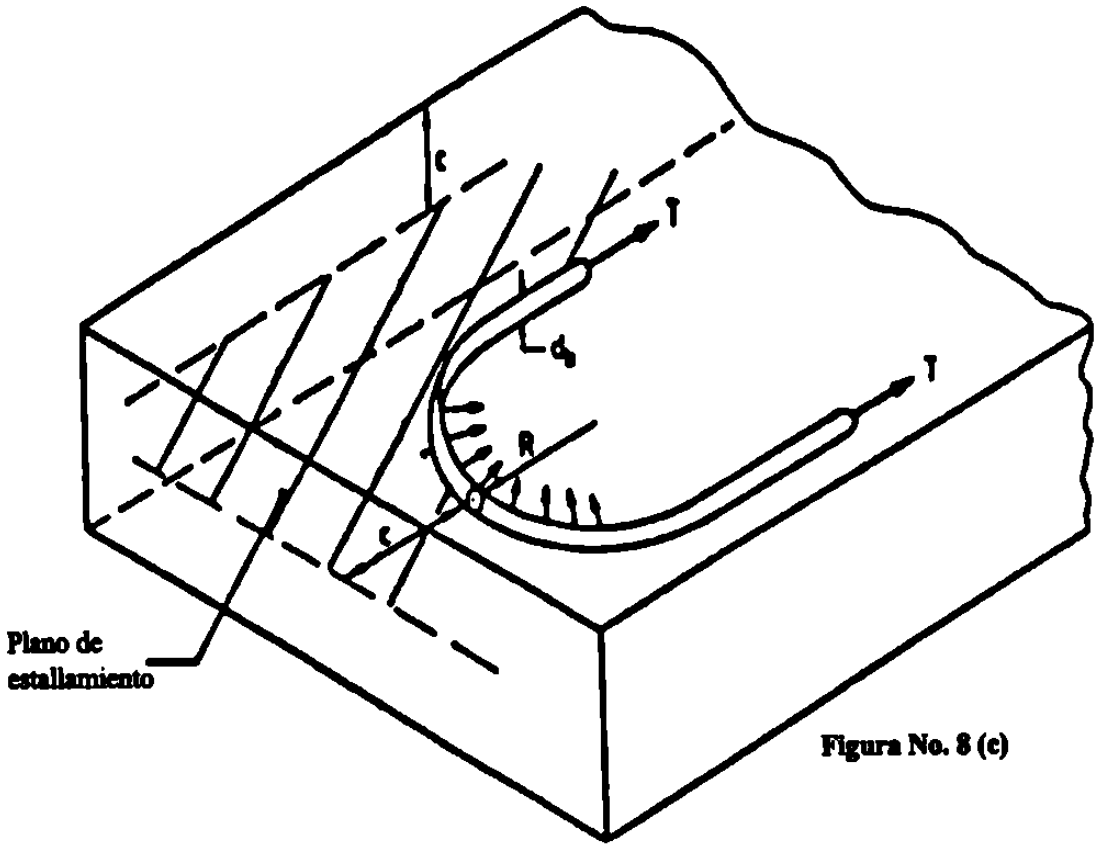


Figura No. 8 (c)

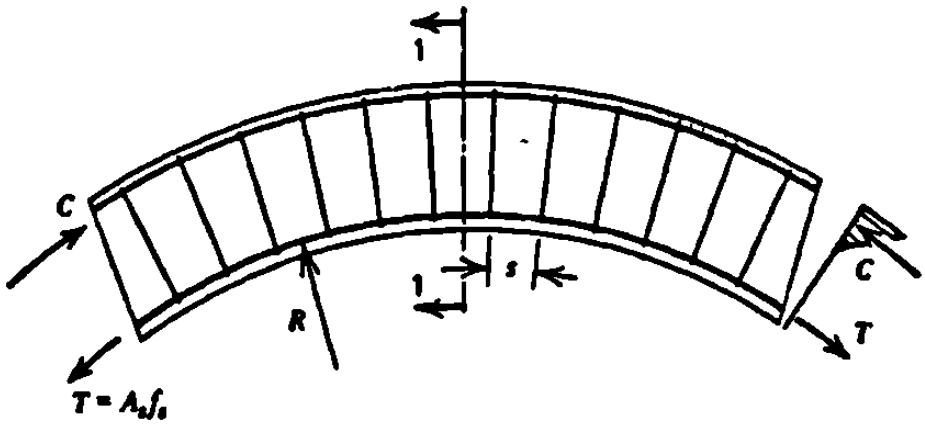
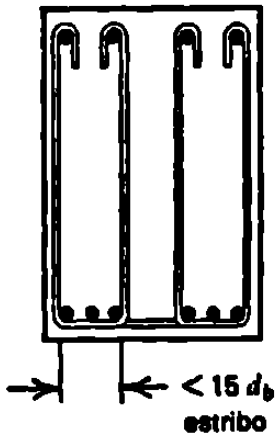


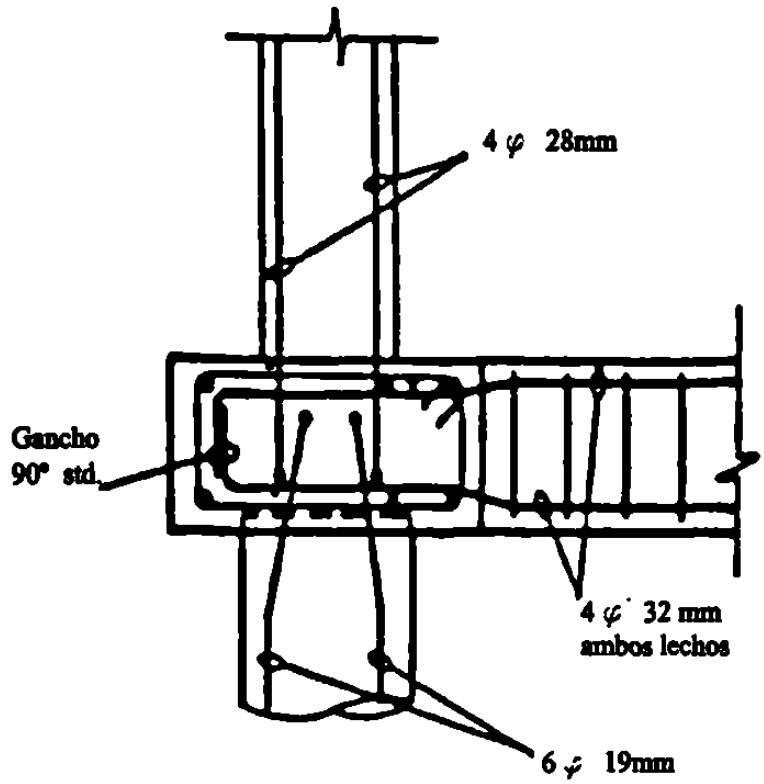
Figura No. 8(d)



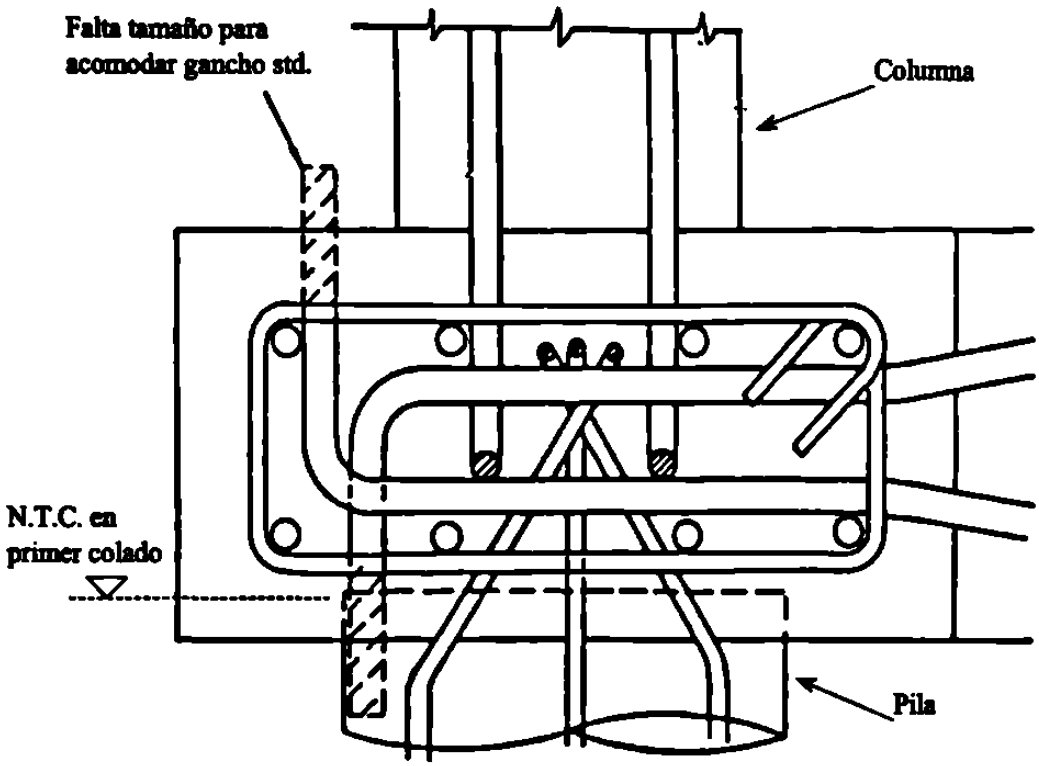
Sección 1-1

Figuras No.8(c) y 8(d)

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Cambios de dirección en las barras de refuerzo.



Detalle esquemático unifilar mostrado usualmente en los dibujos constructivos



Plantilla a escala mostrando espesores, dobleces y separaciones entre barras de refuerzo.

Figura No.9

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Congestionamiento excesivo

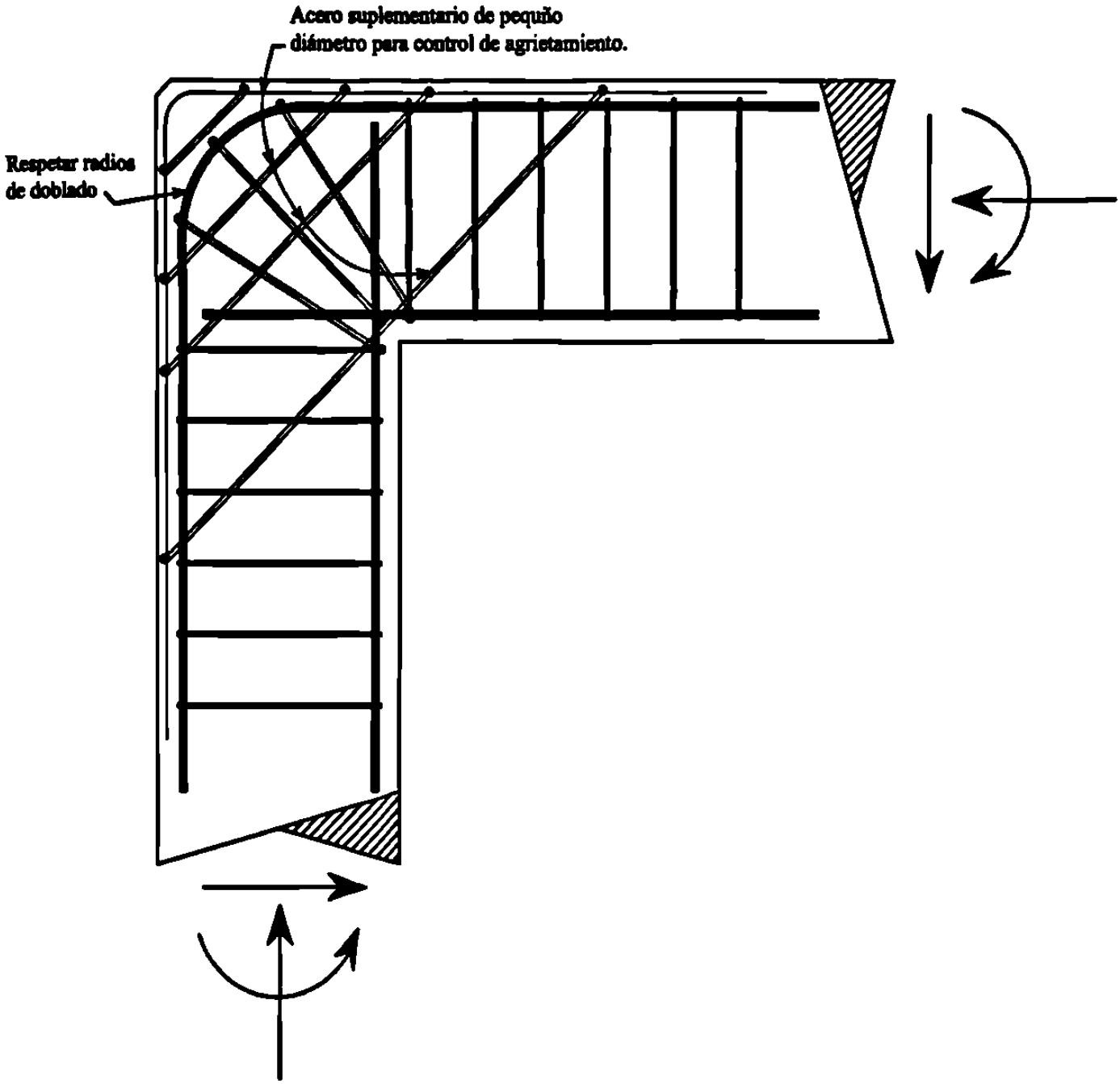


Figura No. 10

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Esquinas de marcos rígidos
Nudos que cierran

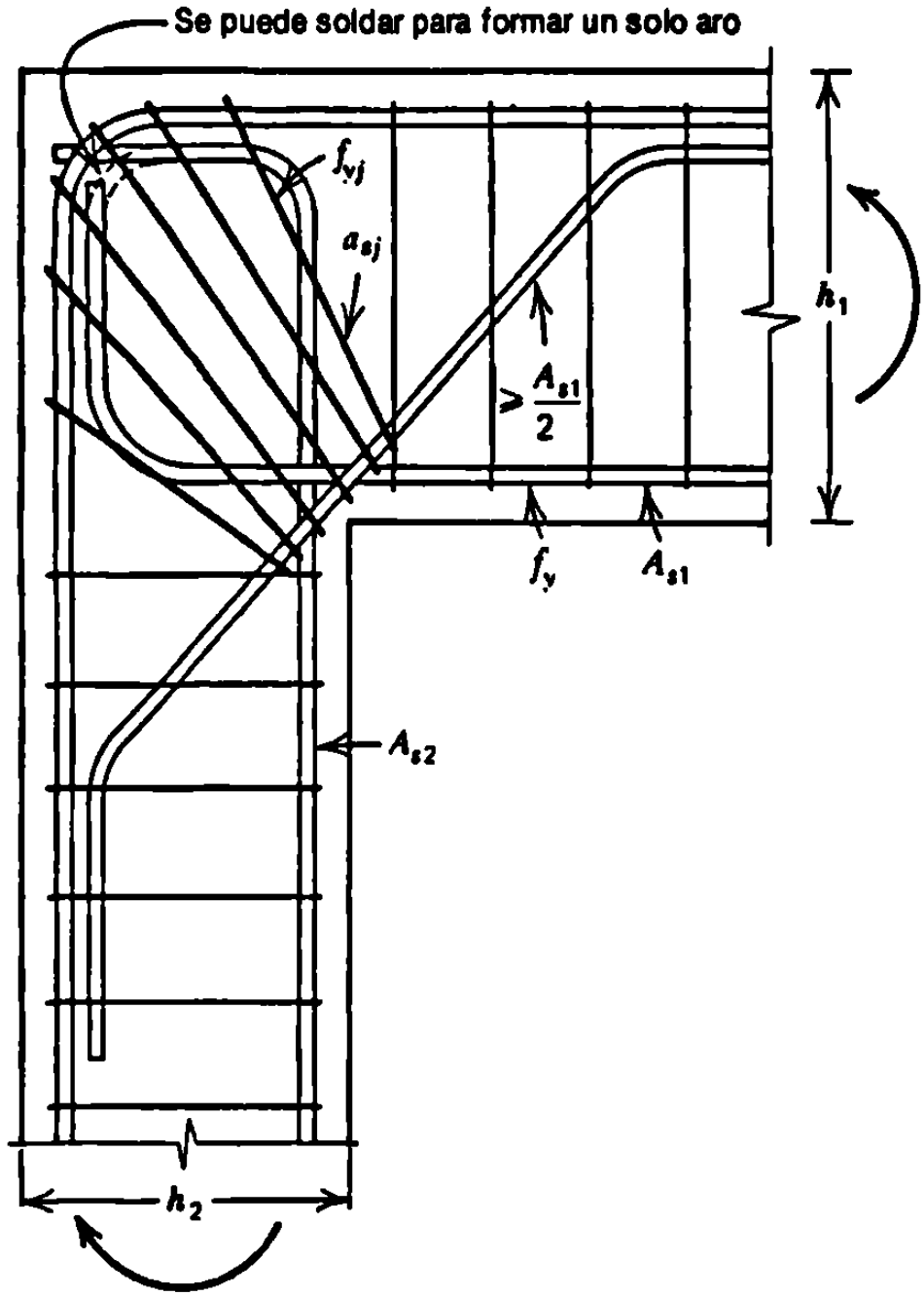
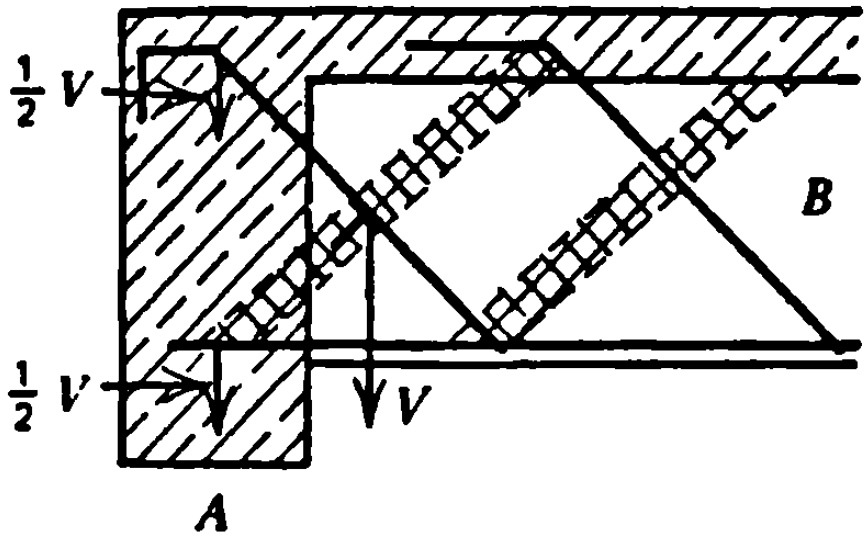


Figura No. 11

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Esquinas de marcos rígidos
Nudos que abren



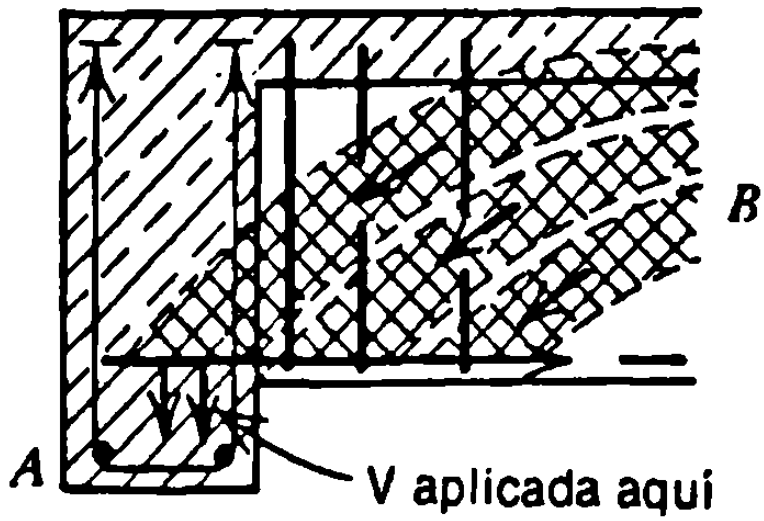


Figura No. 12

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Refuerzo de suspensión

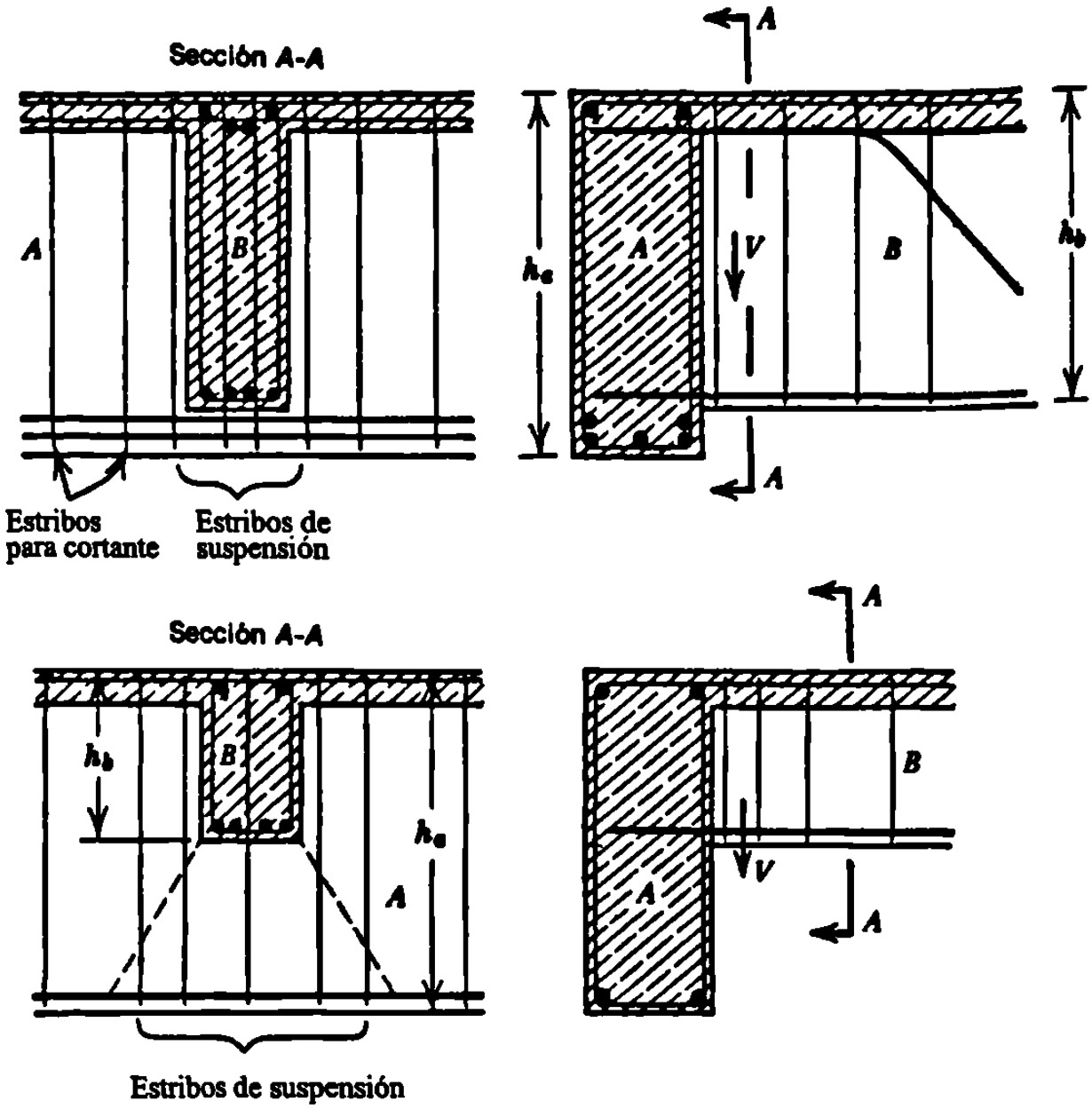


Figura No. 13

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Refuerzo de suspensión

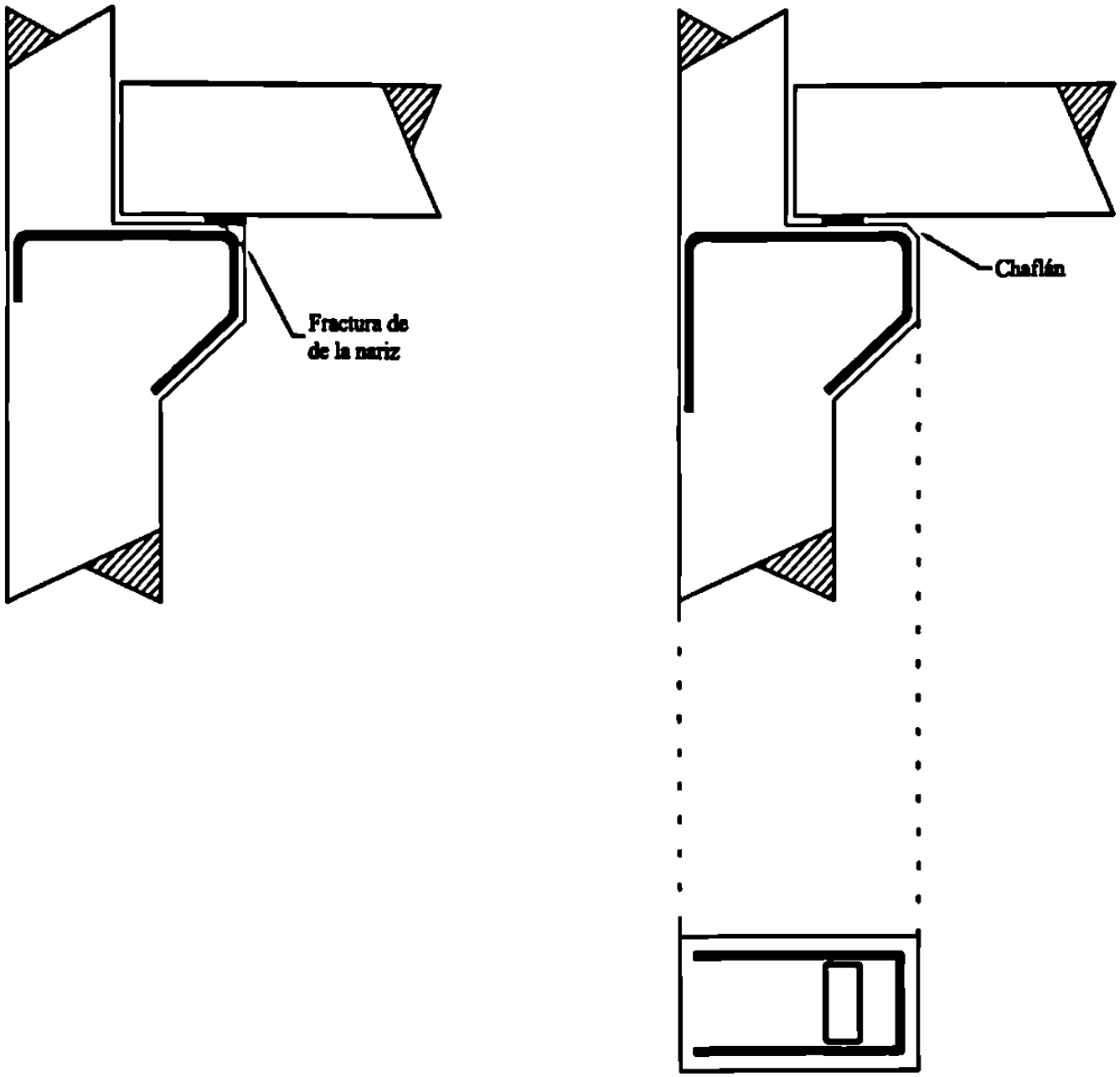


Figura No. 14

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Ménsulas

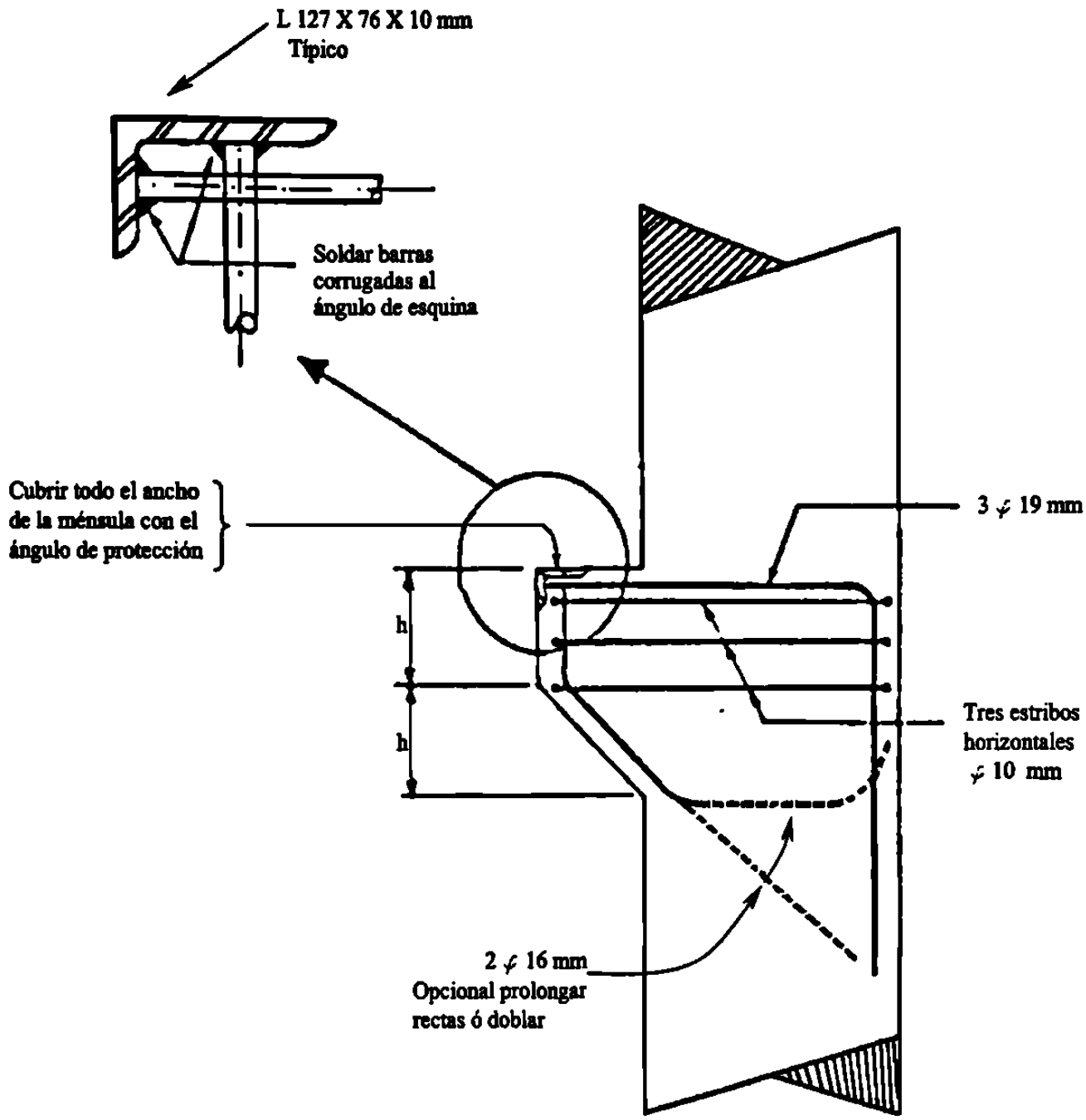


Figura No. 15

Defectos congénitos
Detallado del acero de refuerzo
Ménsulas

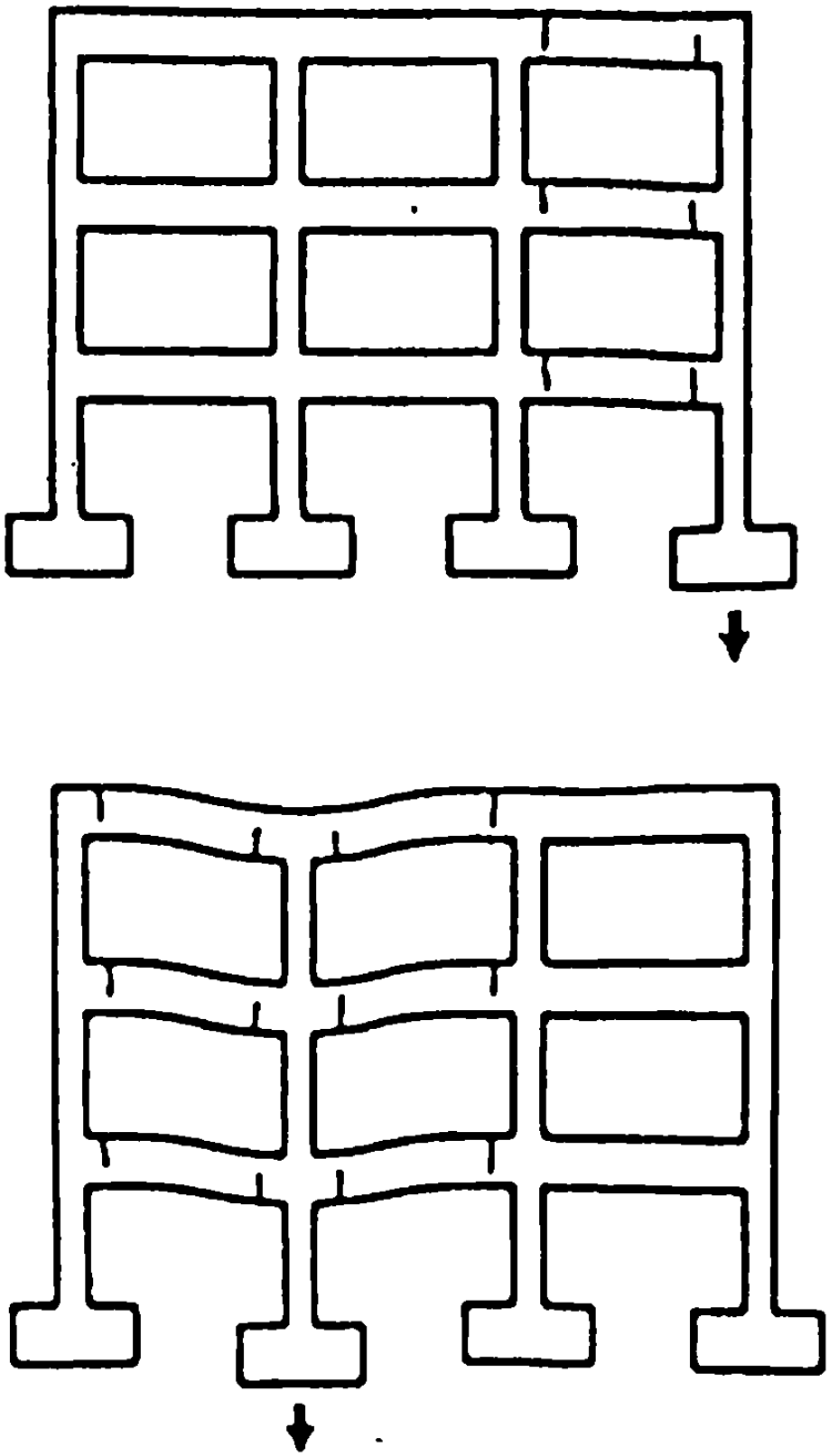


Figura No. 16

Defectos adquiridos
Deformabilidad del suelo de desplante
Asentamientos diferenciales de columnas

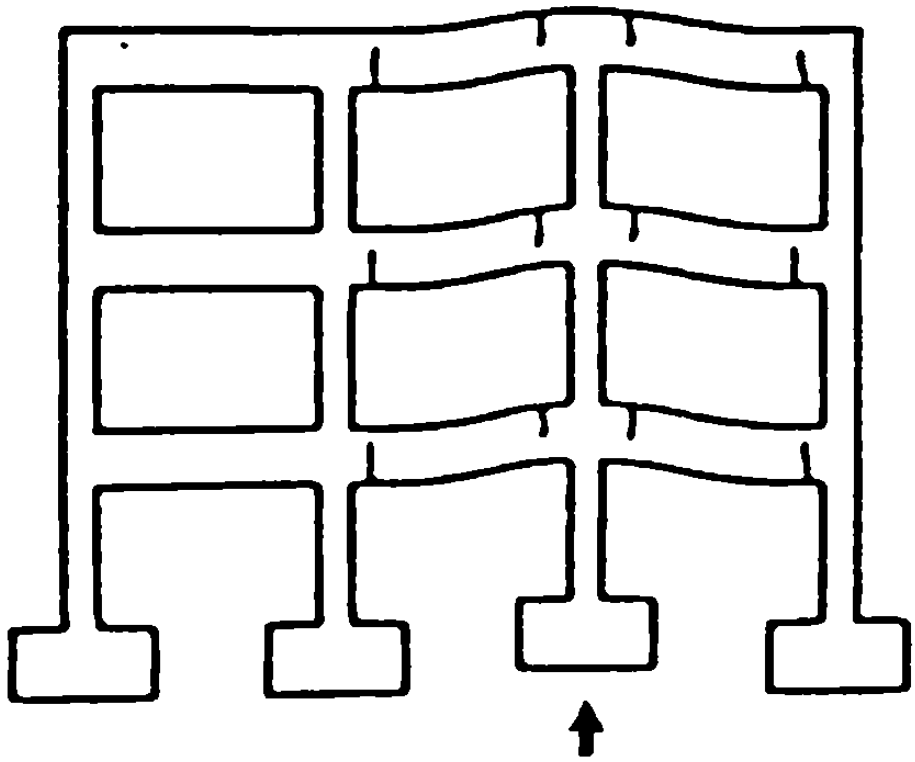


Figura No. 17

Defectos adquiridos
Deformabilidad del suelo de desplante
Expansión bajo una columna

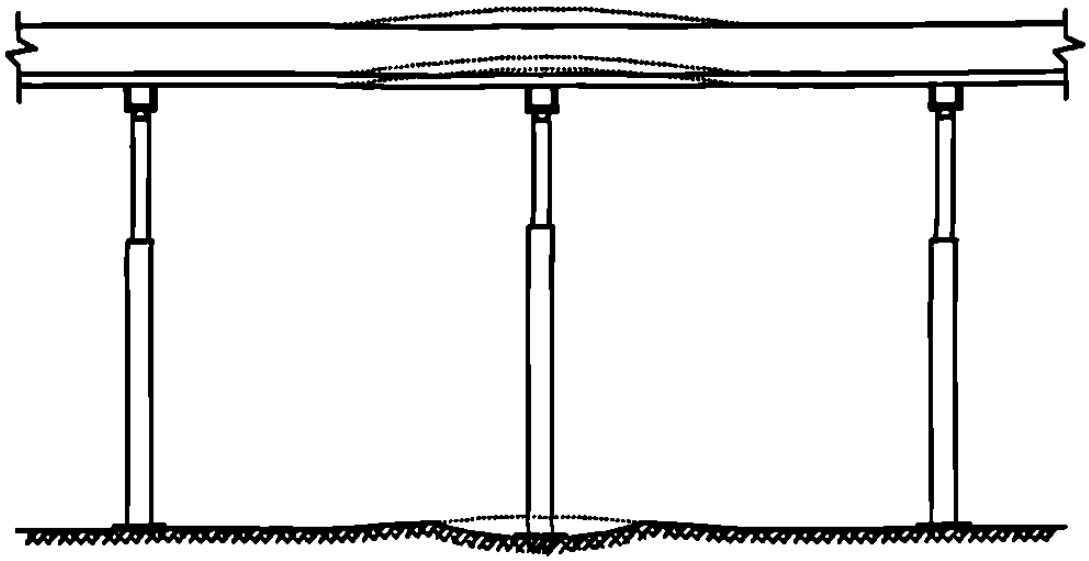


Figura No. 18

Defectos adquiridos
Cimbrado
Hundimiento de un puntal de la cimbra

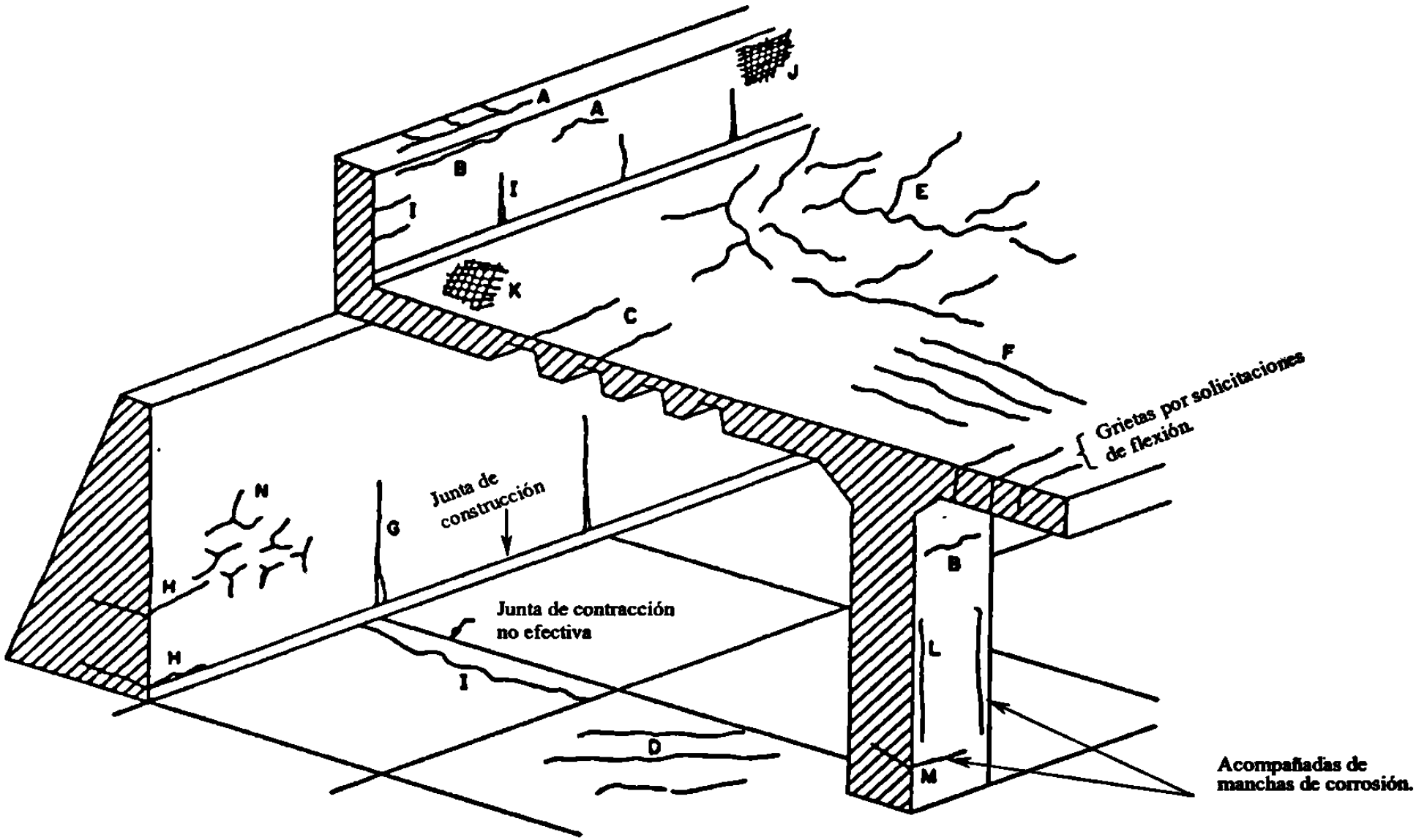


Figura No. 19

Ejemplos de grietas intrínsecas ó no estructurales en elementos de concreto
(Ver significado de literales en cuadro No. 8)

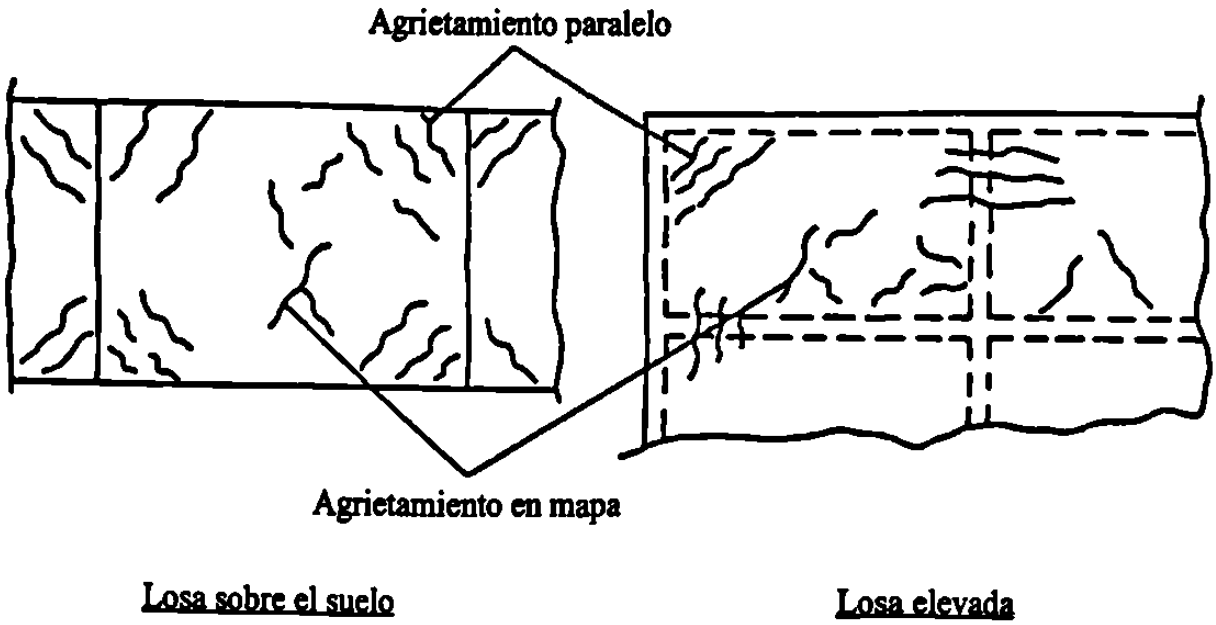
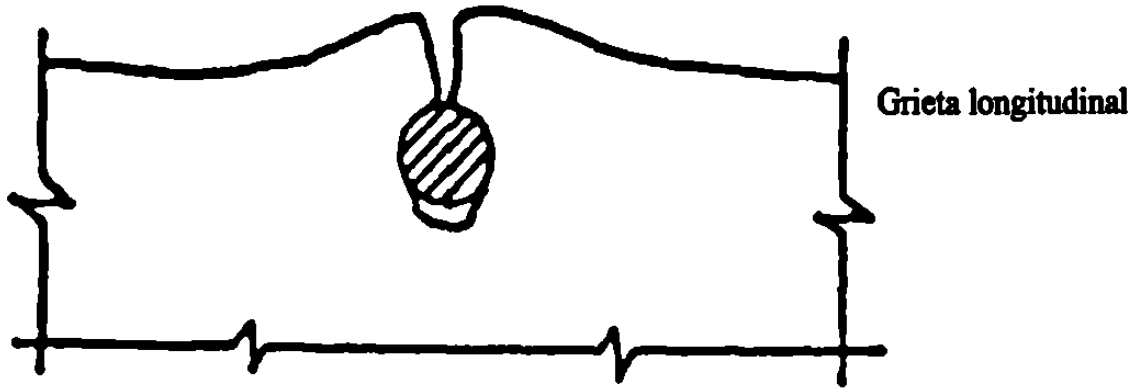
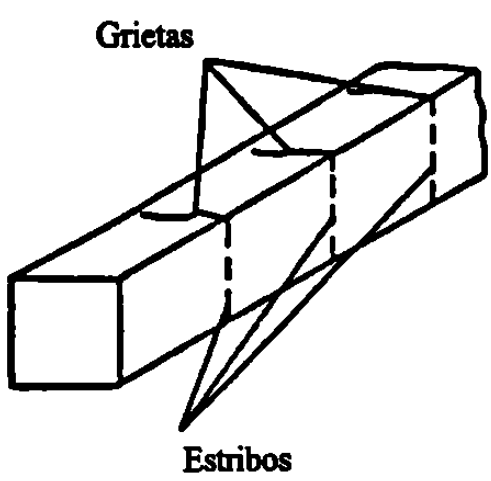
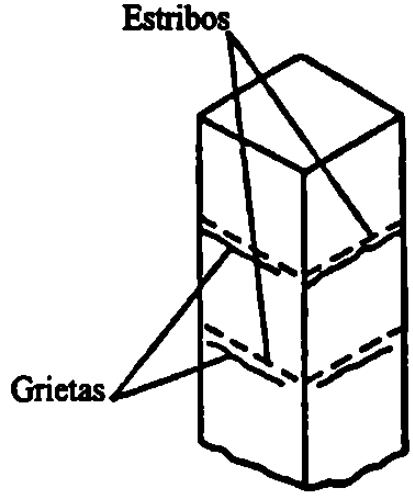


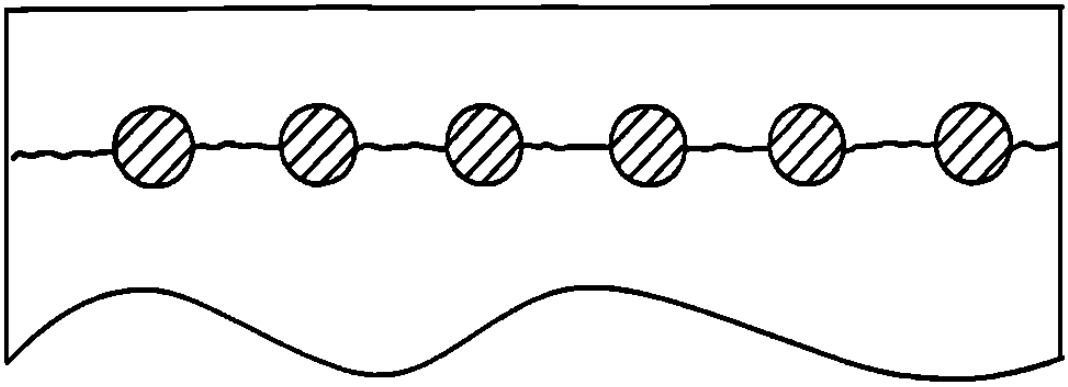
Figura No. 20

Defectos adquiridos
Agrietamiento del concreto fresco
Contracción plástica









Grieta entre barras cercanas paralelas entre sí

Figura No. 21

Defectos adquiridos
Agrietamiento del concreto fresco
Asentamiento plástico

LAS PRIMERAS VEINTICUATRO HORAS DEL CONCRETO

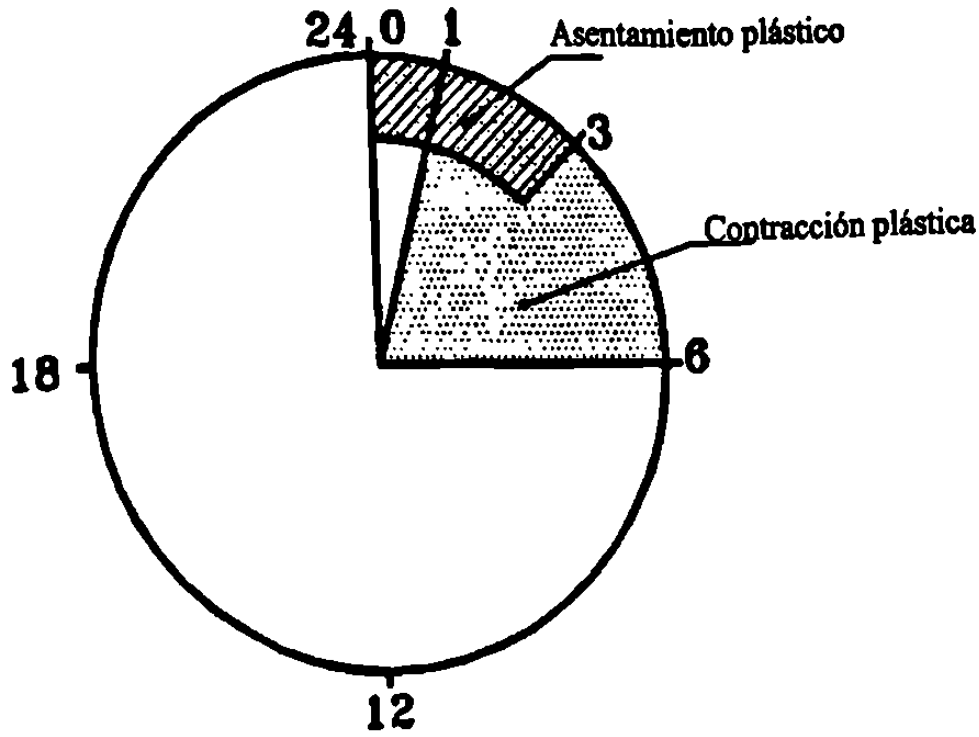


Figura No. 22

Defectos adquiridos
Agrietamiento del concreto fresco
El primer día del concreto

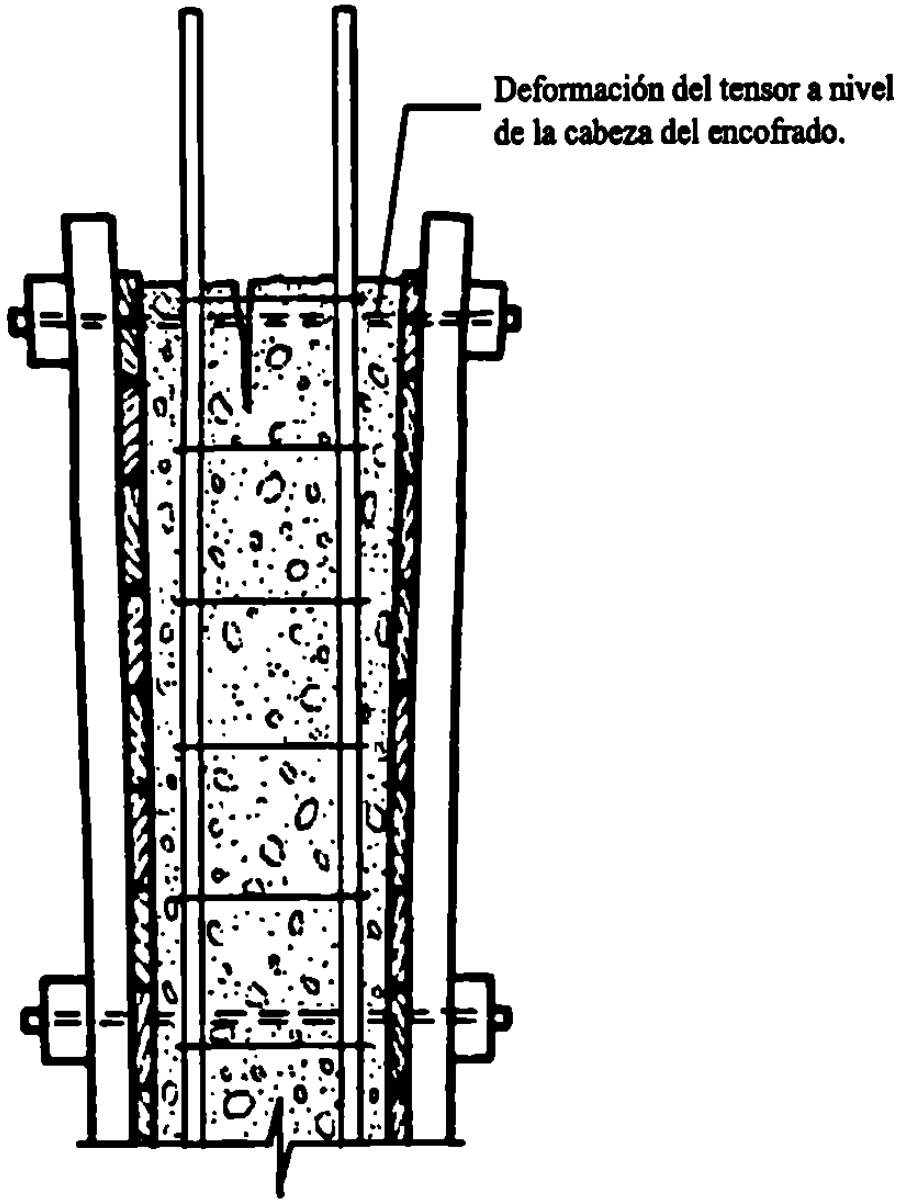


Figura No. 23

Defectos adquiridos
Agrietamiento del concreto fresco
Deformaciones de los moldes

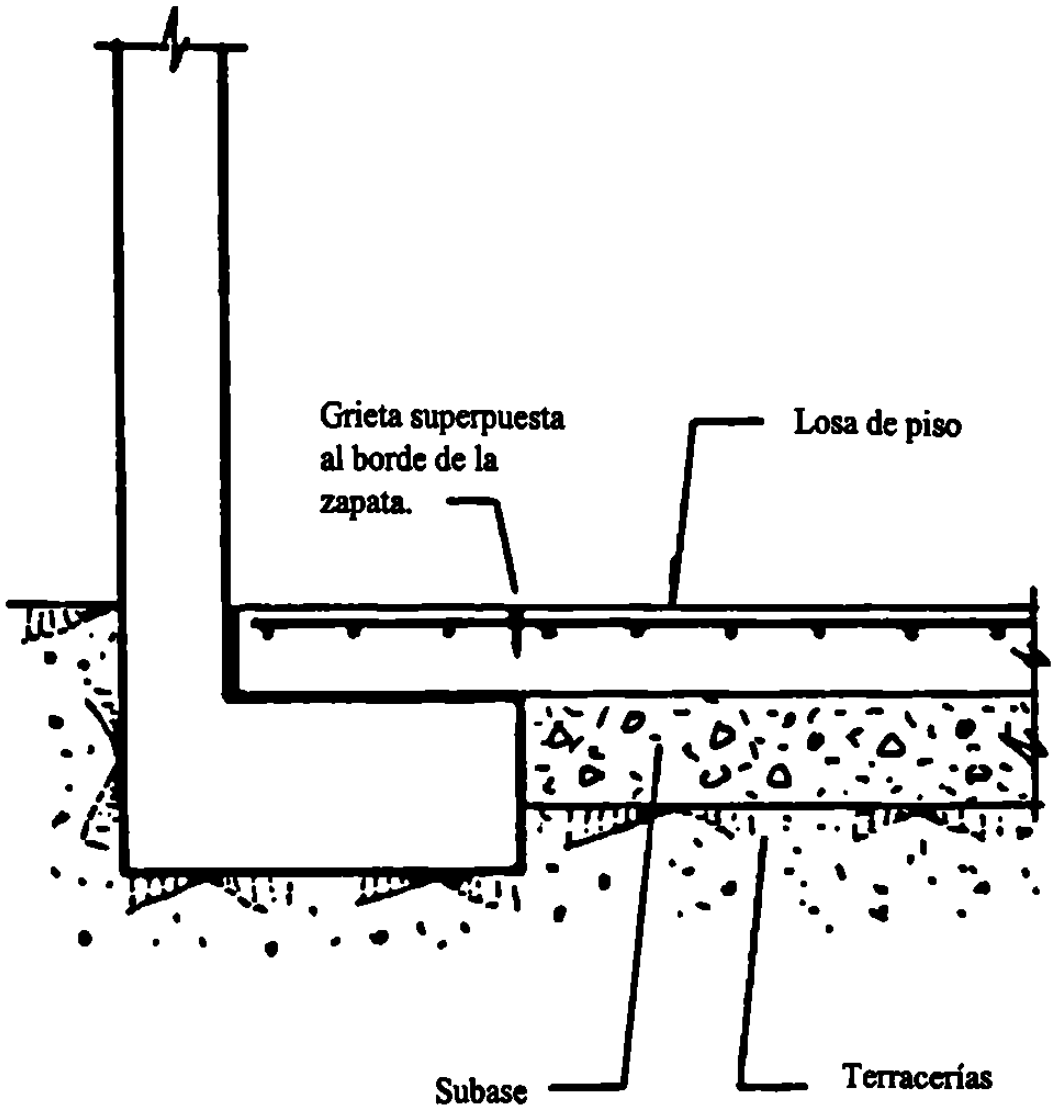


Figura No. 24

Defectos adquiridos
Agrietamientos del concreto fresco
Deformaciones de terracierías en losas sobre el suelo.

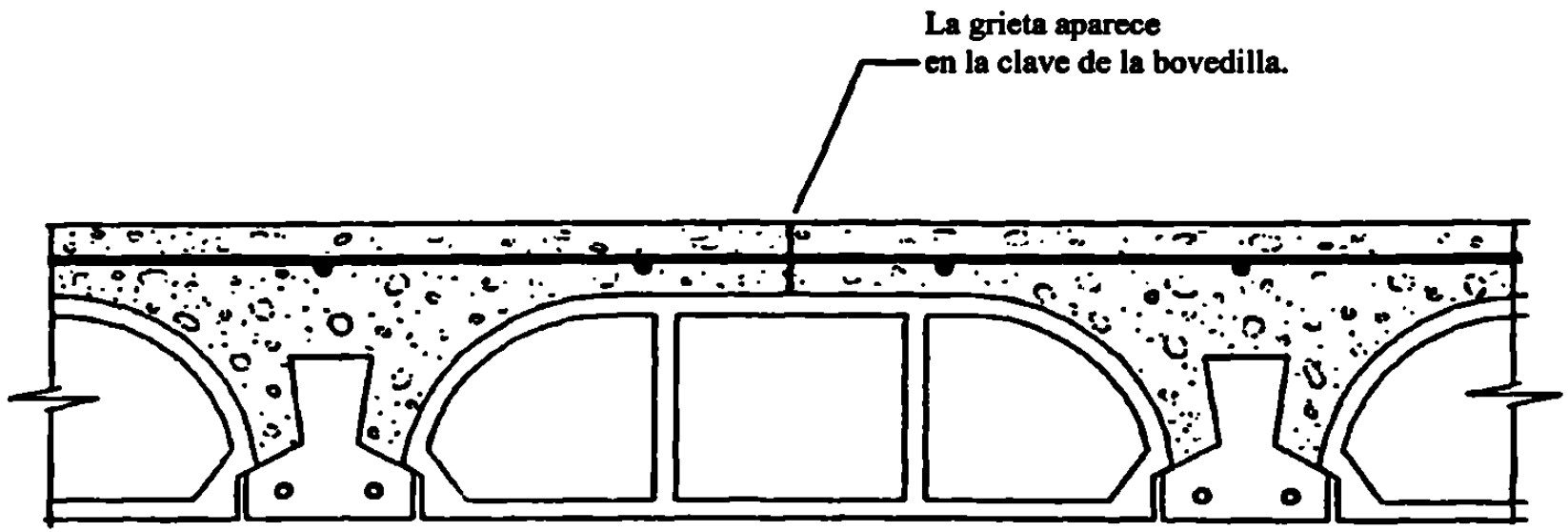
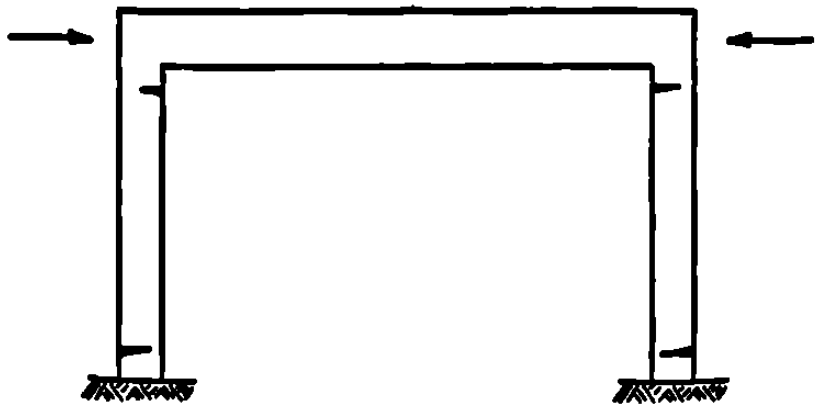
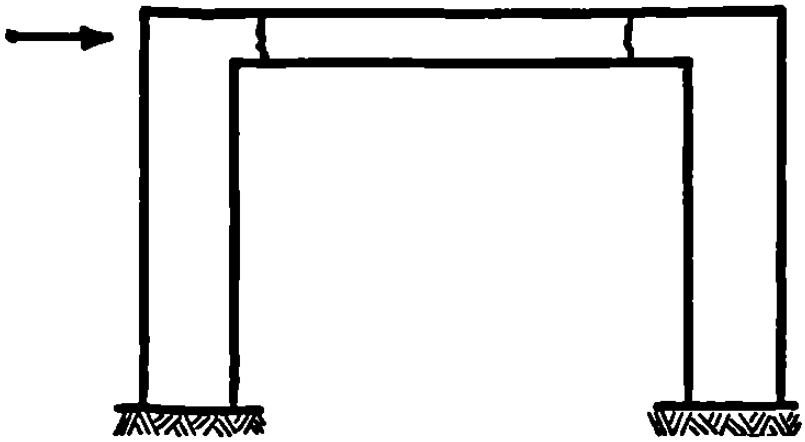


Figura No. 25

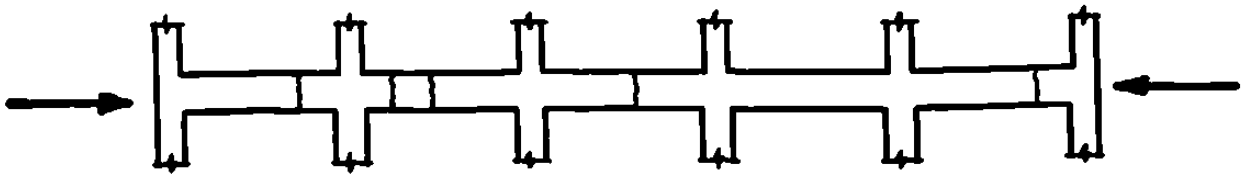
Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietamiento
Contracción por secado



Marco rígido con columnas flexibles



Marco con columnas rígidas



Viga continua

Figura No. 26

Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietamiento
Contracción por secado

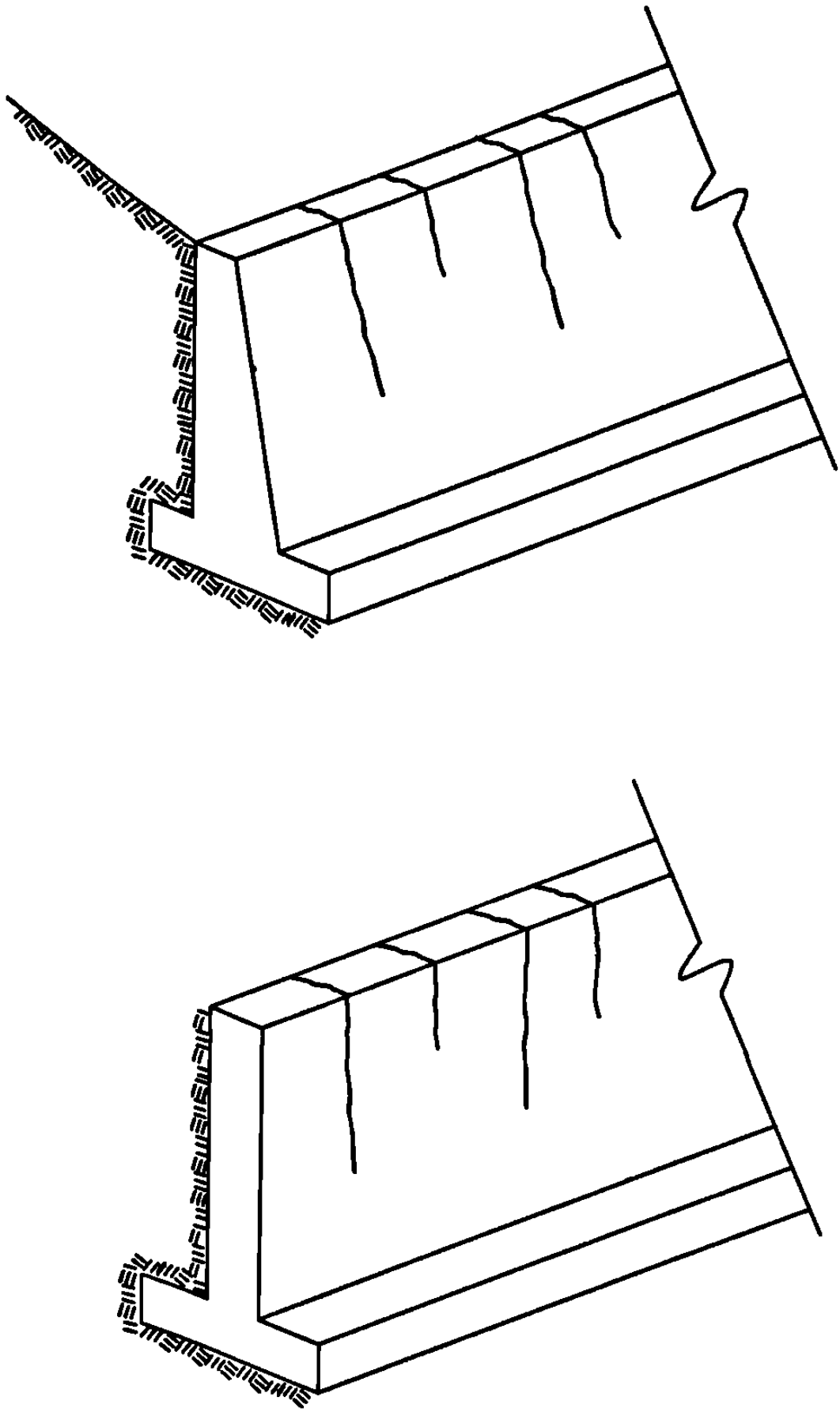
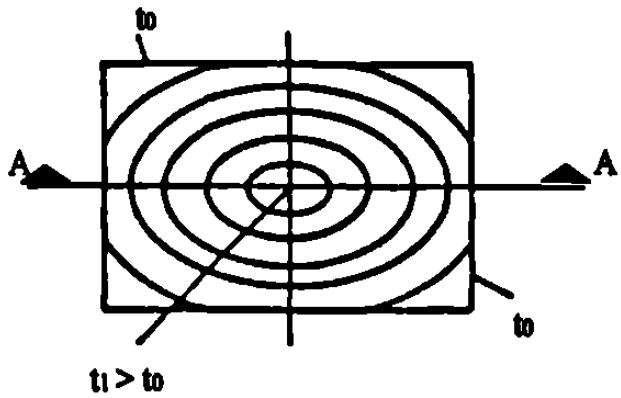
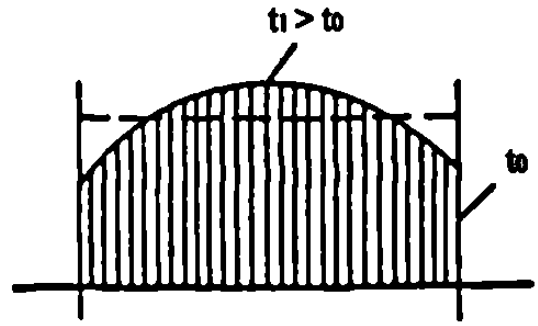


Figura No. 27

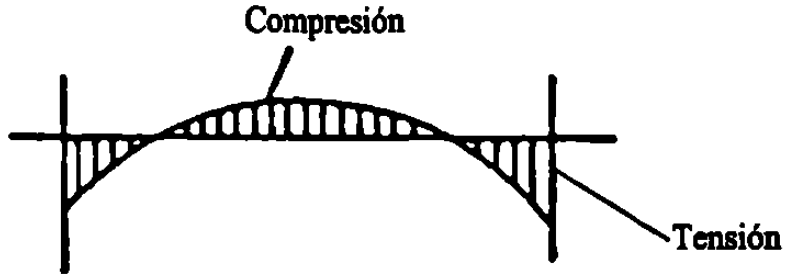
Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietemiento
Contracción por secado



Líneas isotérmicas en planta



Sección A-A



Esfuerzos espurios por gradientes de temperatura

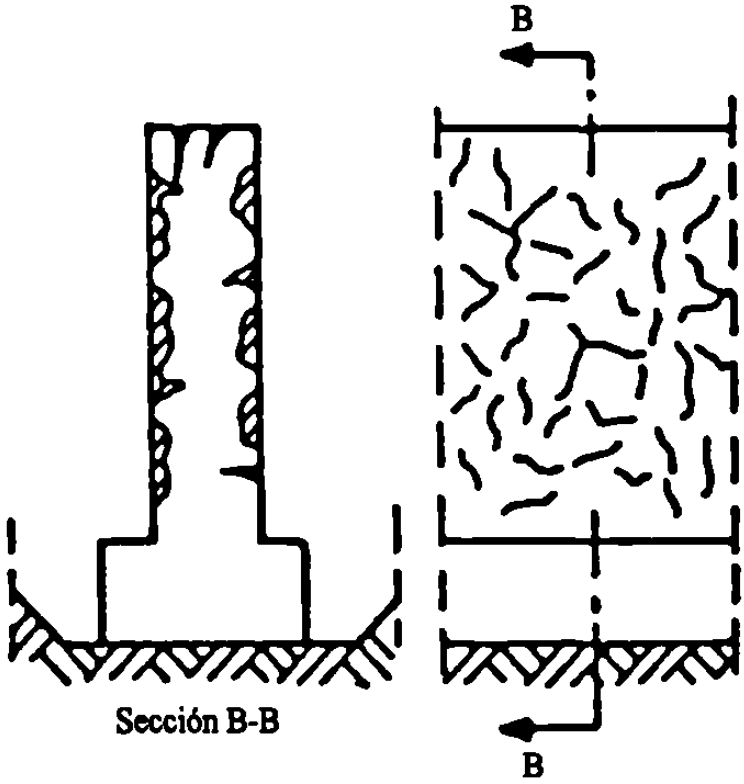


Figura No. 28 (a)

Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietamiento
Contracción térmica temprana

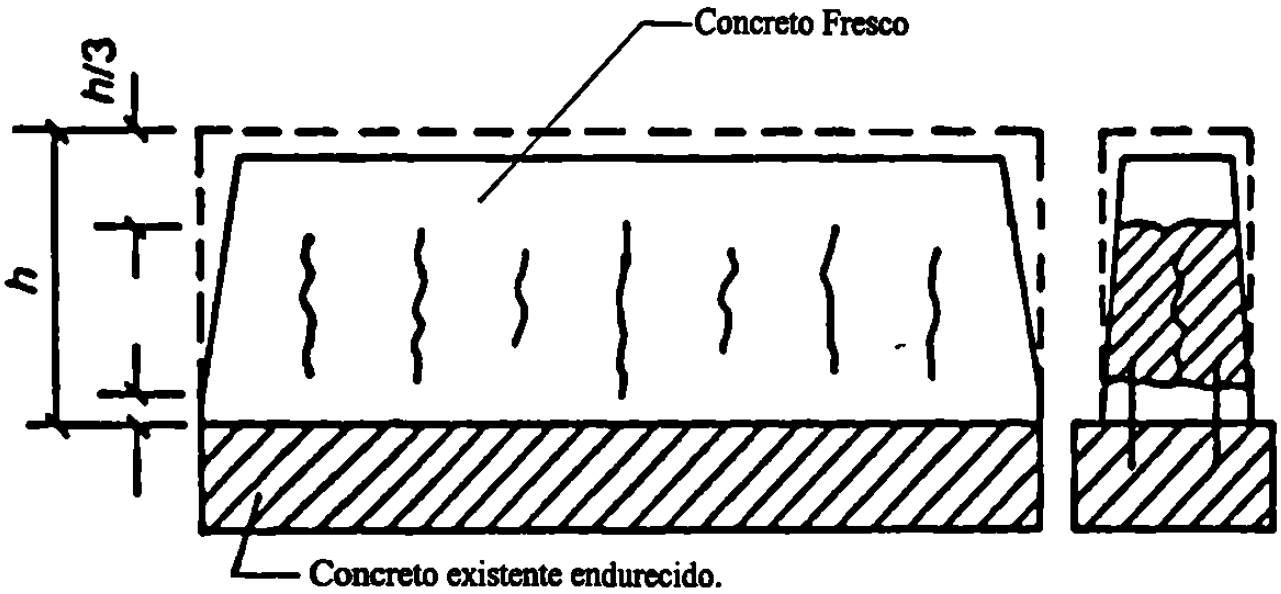
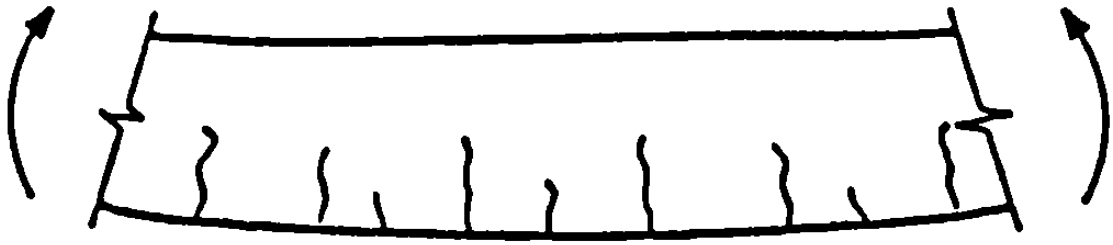
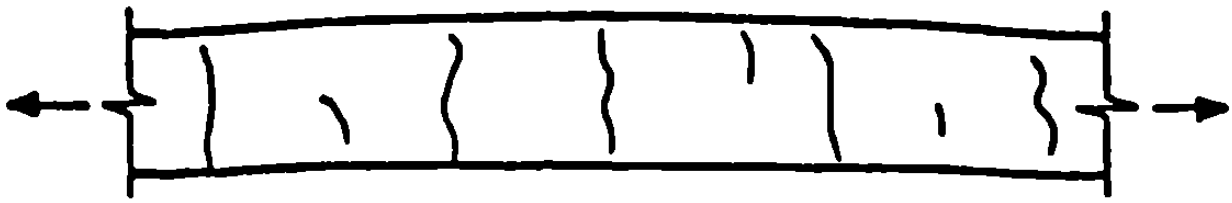


Figura No. 28 (b)

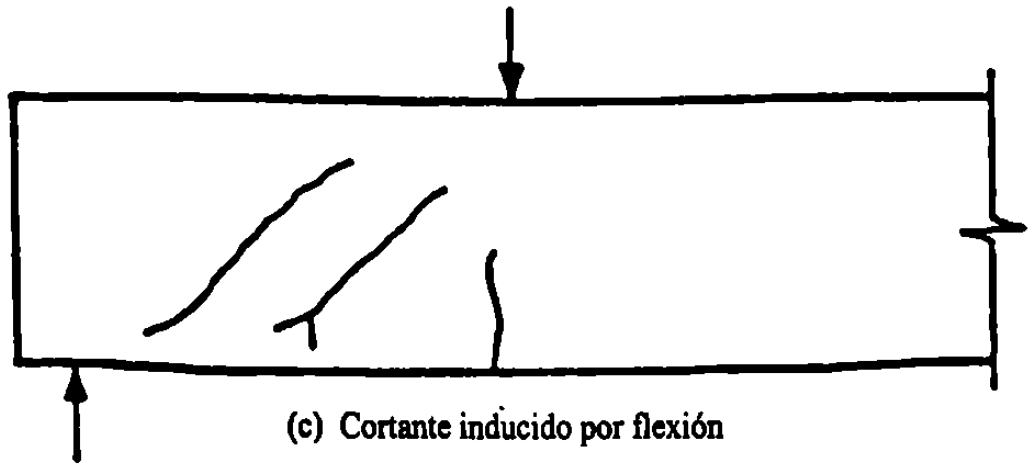
Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietmiento
Contracción térmica temprana



(a) Flexión



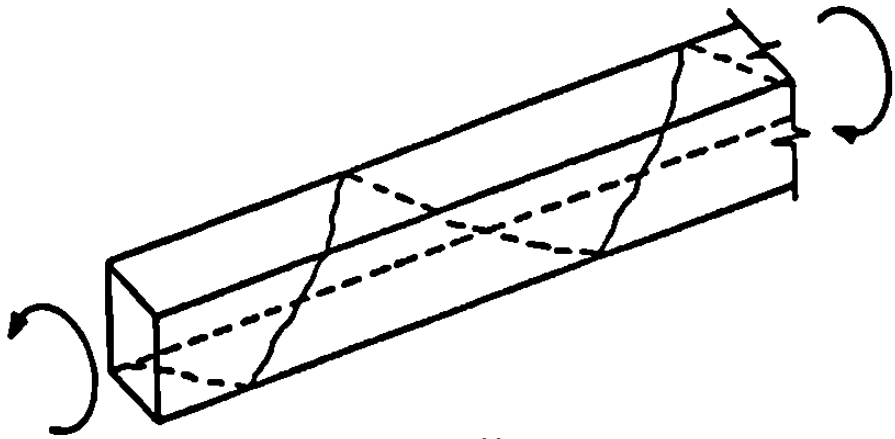
(b) Tensión



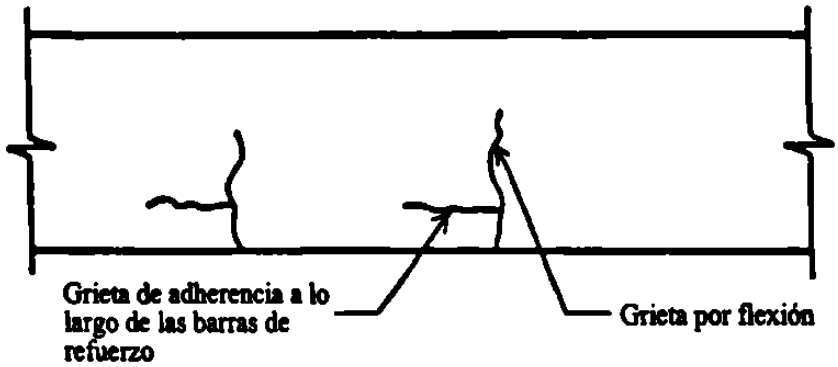
(c) Cortante inducido por flexión

Figura No. 29 (a), (b) y (c)

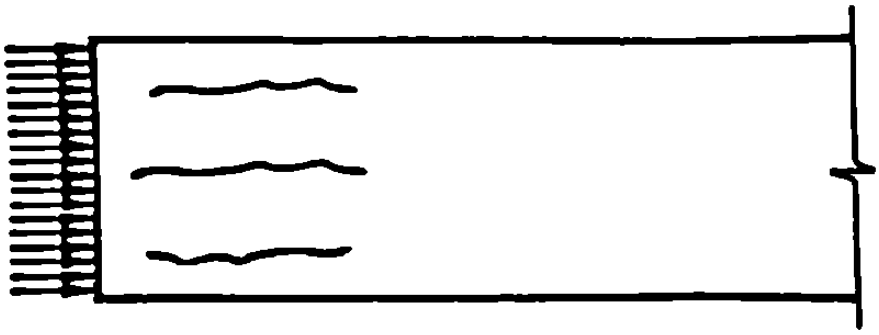
Daños ocasionados por acciones mecánicas
Actuación directa de cargas
Agrietamiento



(d) Torsión



(e) Adherencia



(f) Compresión

Figura No. 29 (d), (e) y (f)

Daños ocasionados por acciones mecánicas
Agrietamiento por actuación directa de cargas.
Agrietamiento

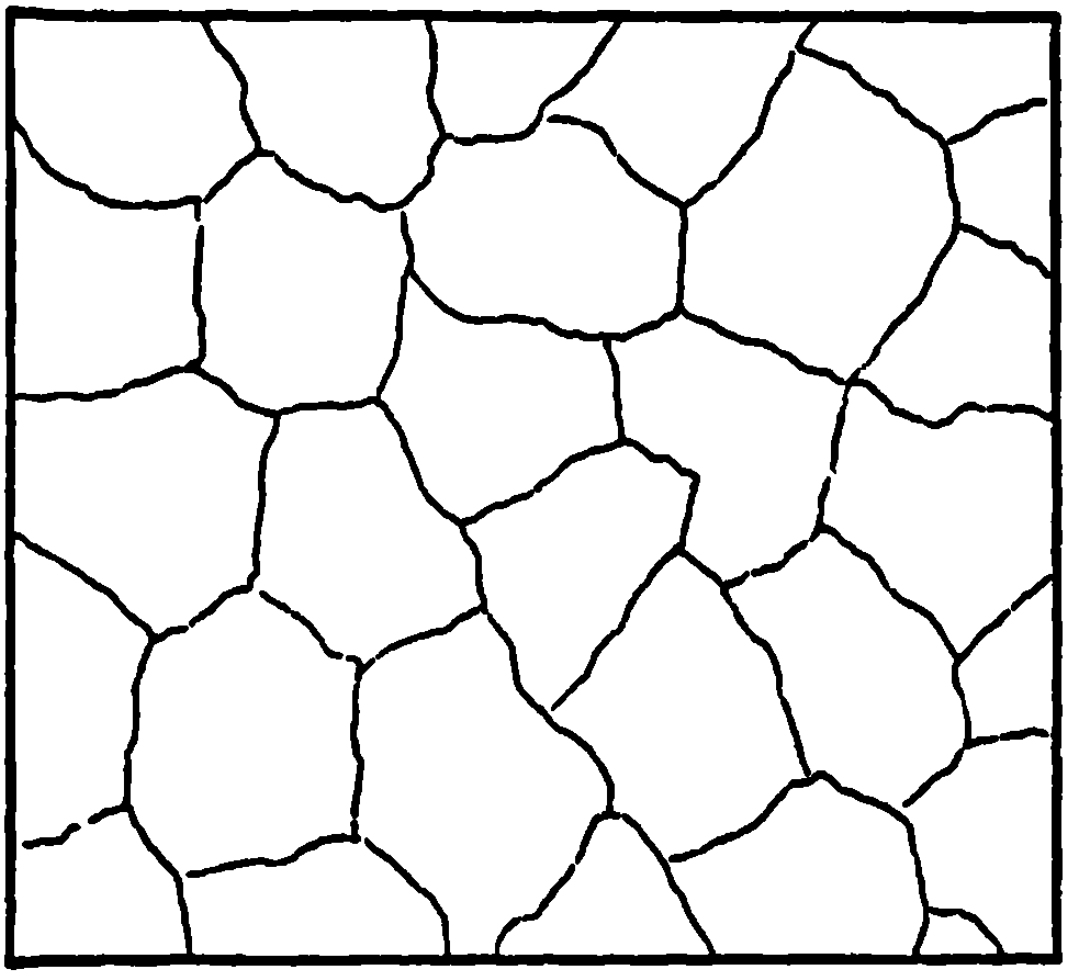


Figura No. 30

Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Estrellamiento

EL PRIMER AÑO DEL CONCRETO

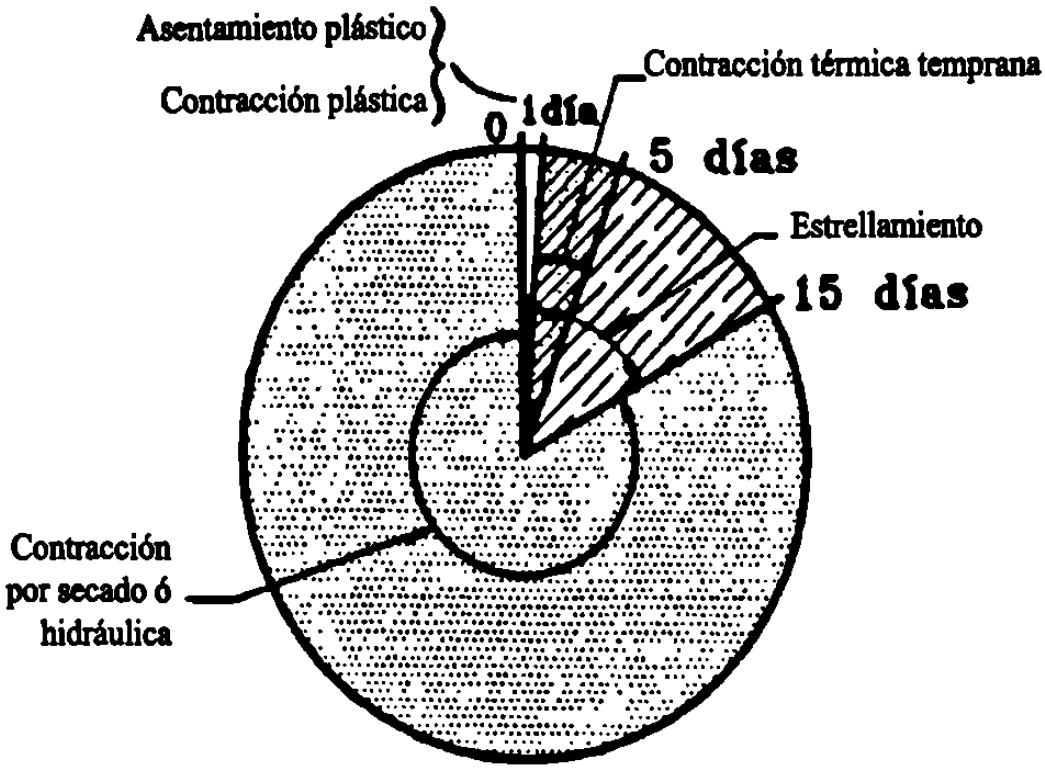


Figura No. 31

Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietamiento
El primer año del concreto

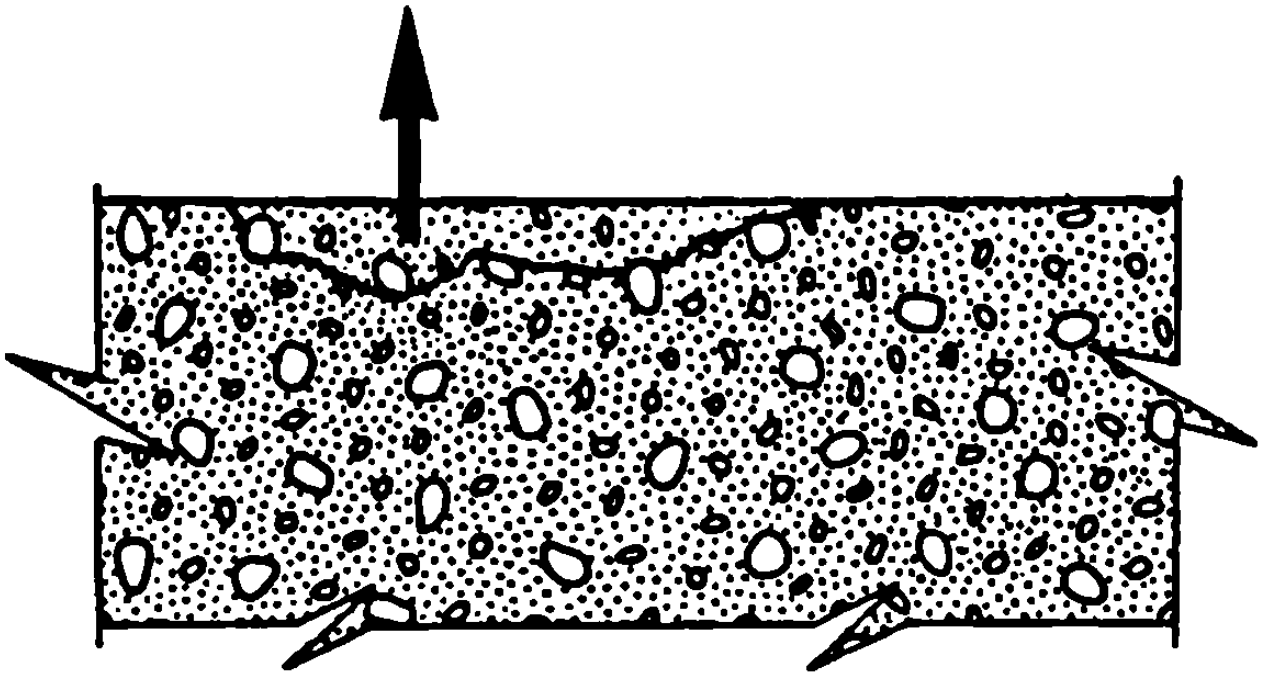


Figura No. 32

Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos
Agrietamiento
Ciclos de congelación y deshielo

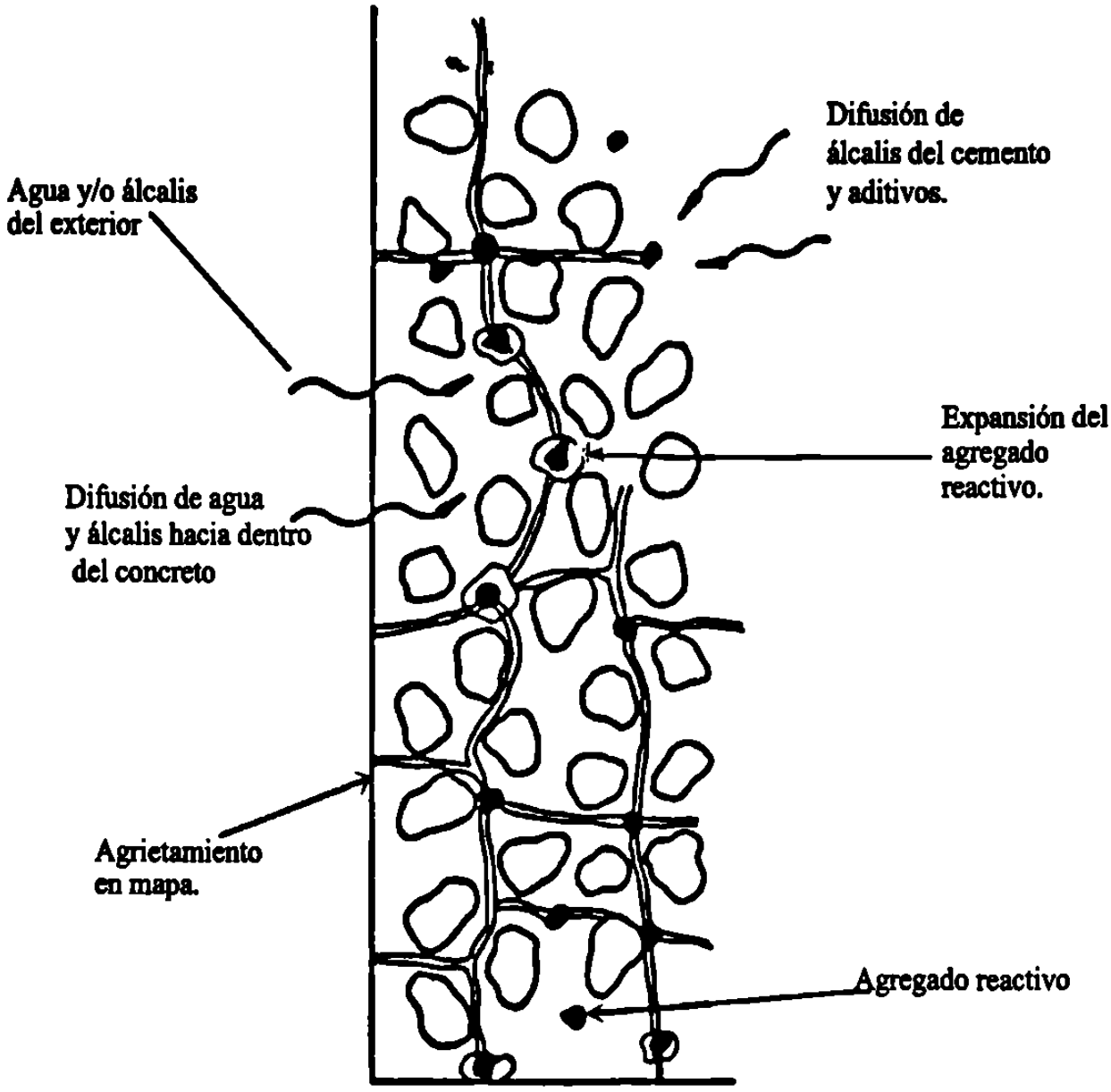


Figura No. 33

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Agrietamiento
Reacción álcali-agregado

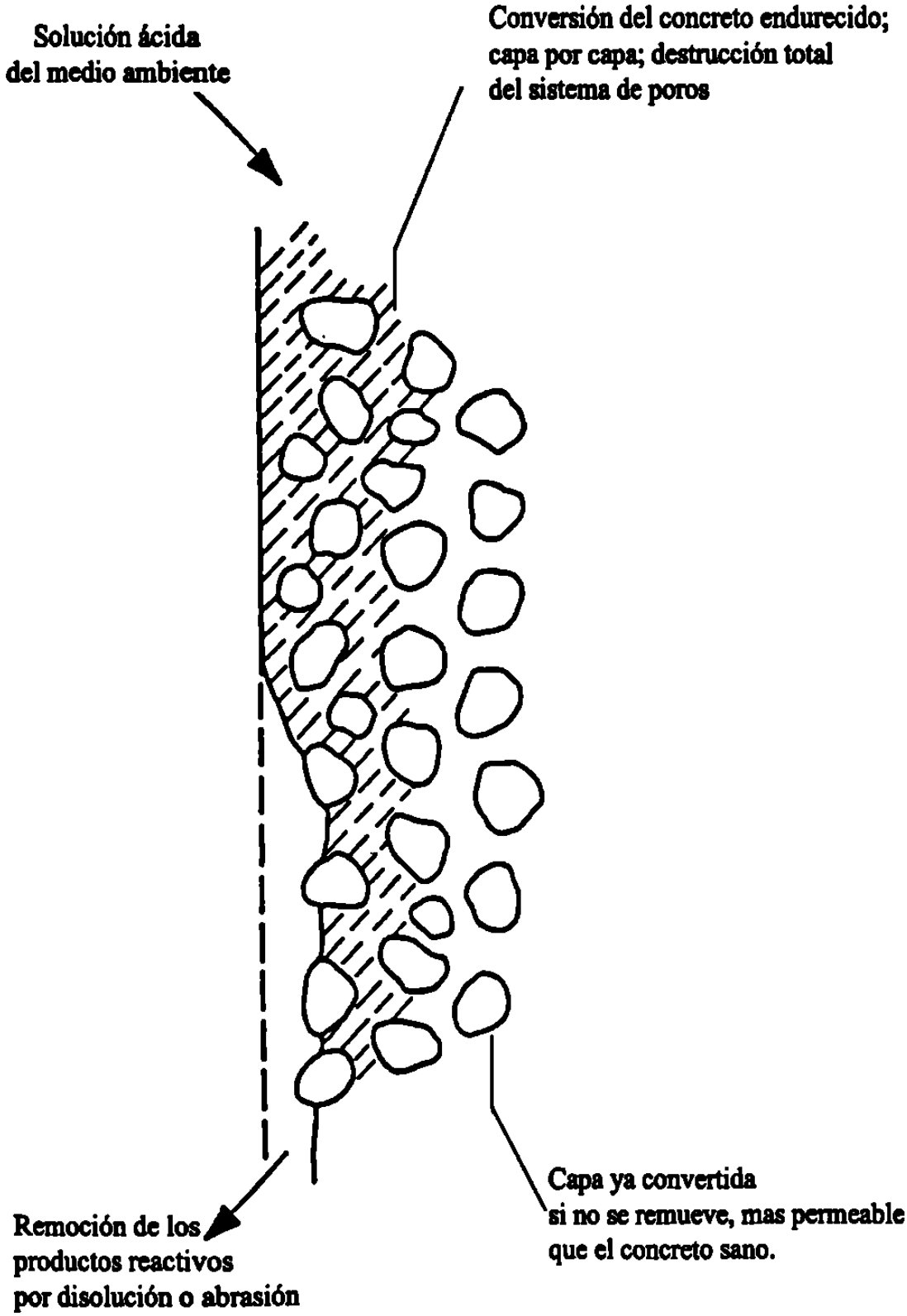


Figura No. 34

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Agresión de ácidos

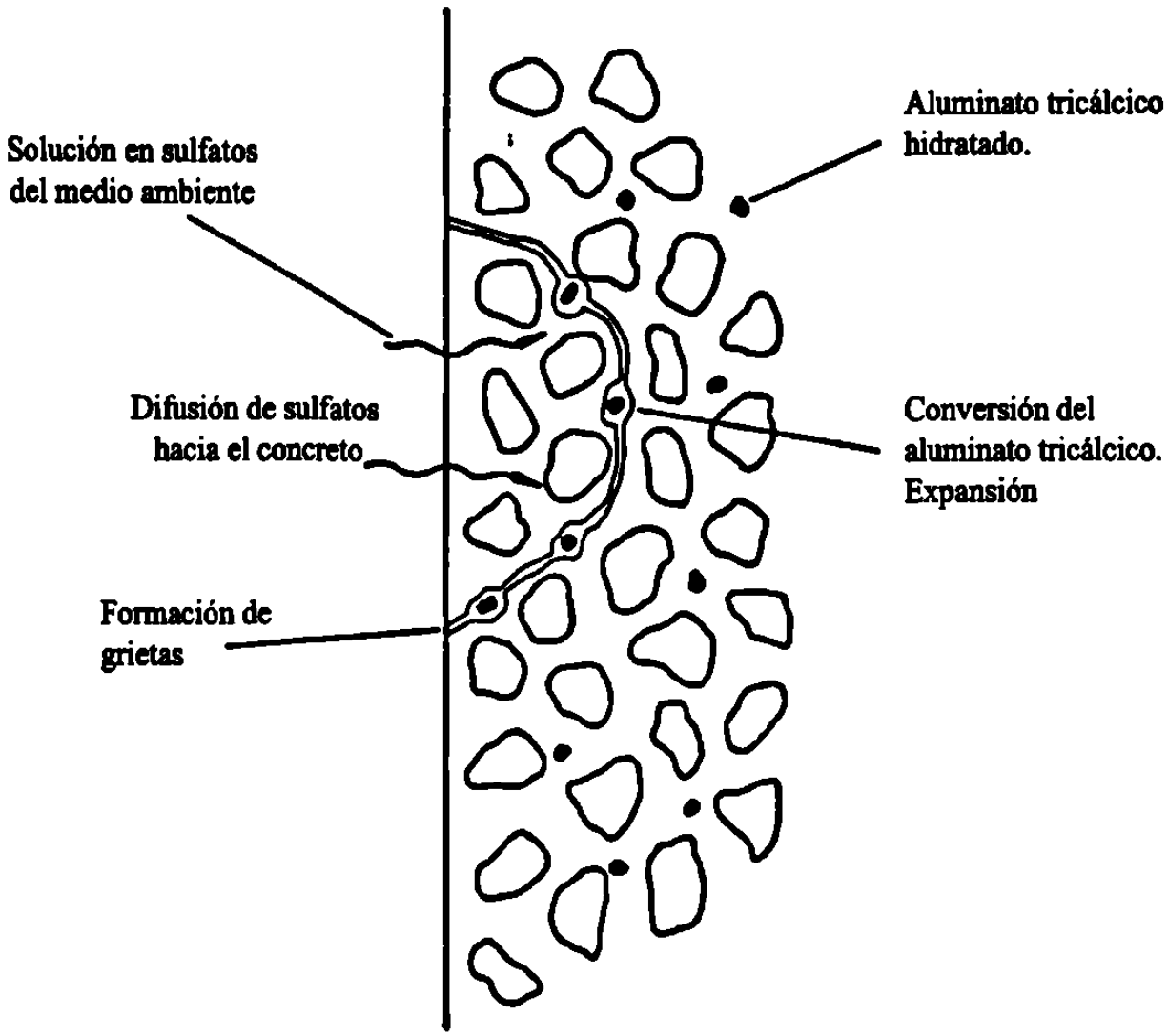


Figura No. 35

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Agresión de sulfatos

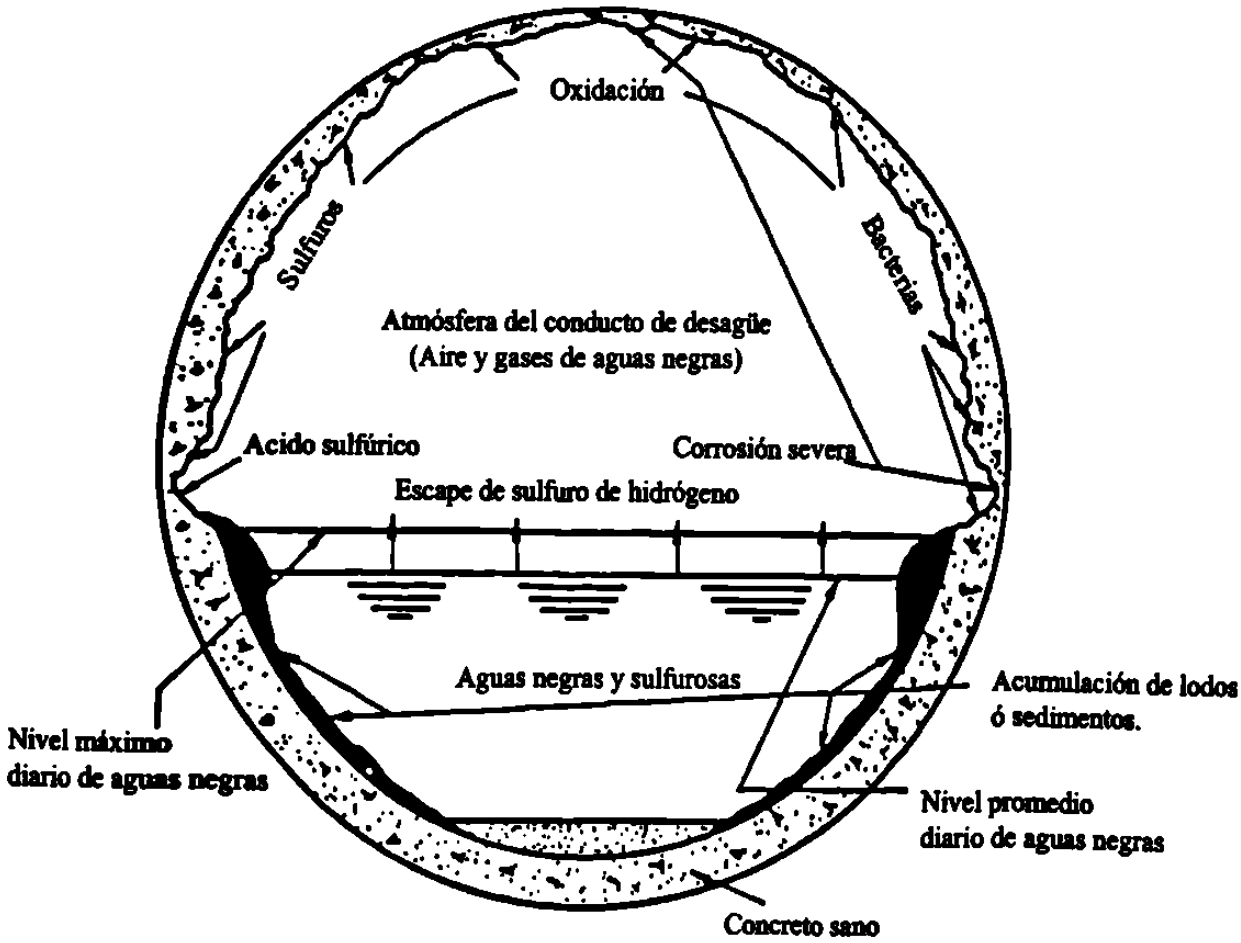
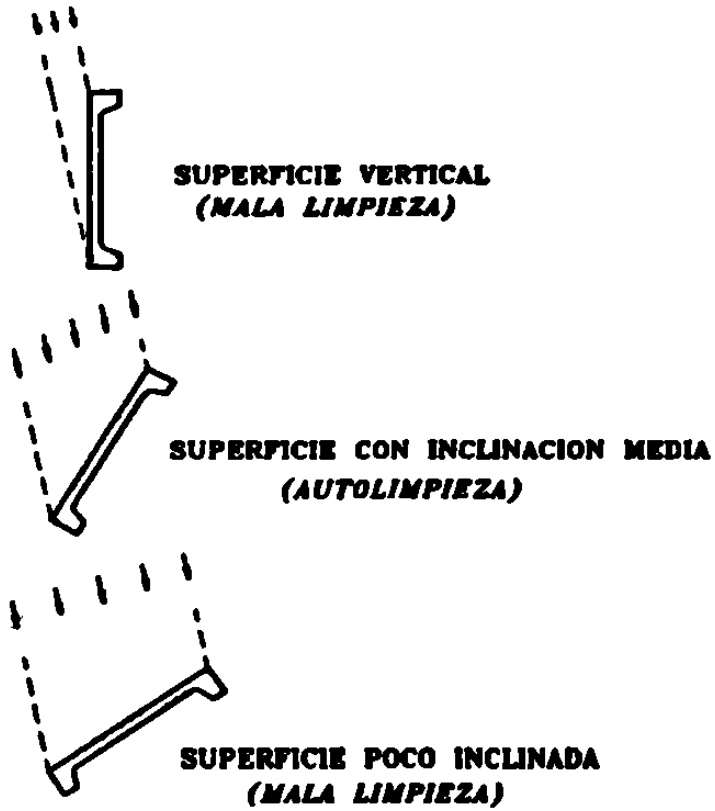


Figura No. 36

Deterioro del concreto endurecido por procesos biológicos
Aguas residuales en alcantarillados

ACCION DE LA LLUVIA



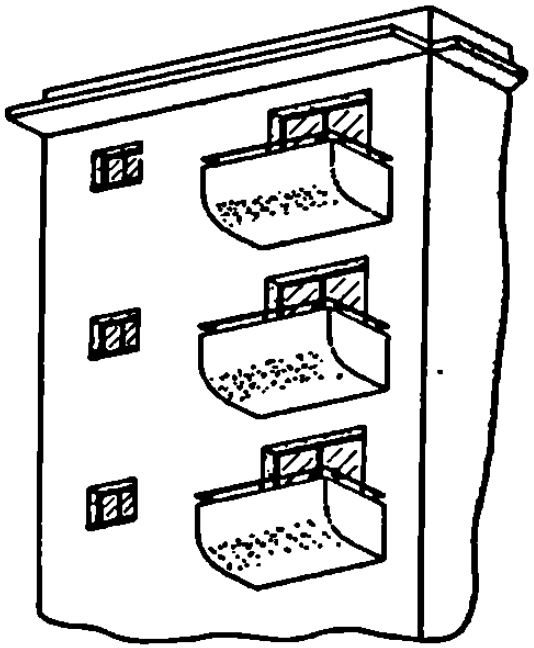


Figura No. 37

Deterioro superficial del concreto endurecido
Depósitos de polvo por contaminación medioambiental

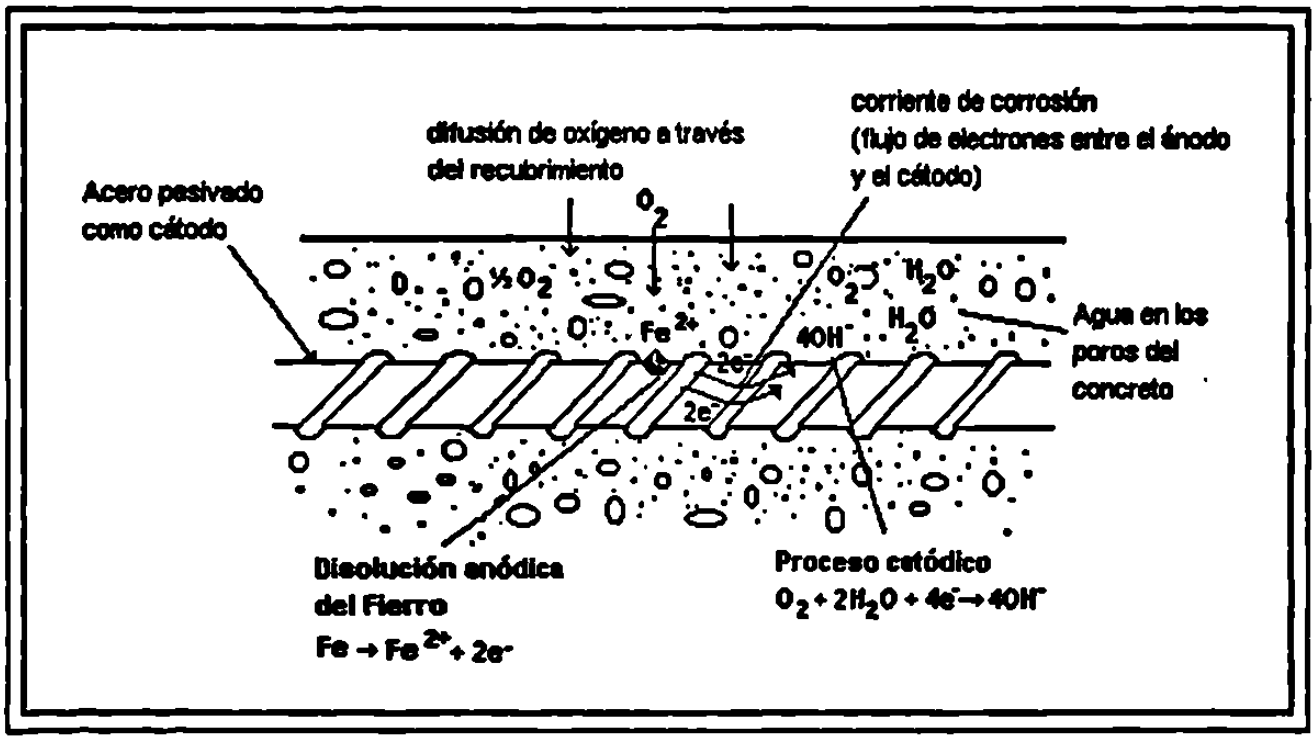


Figura No. 38

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Formación de la pila de corrosión en el concreto reforzado

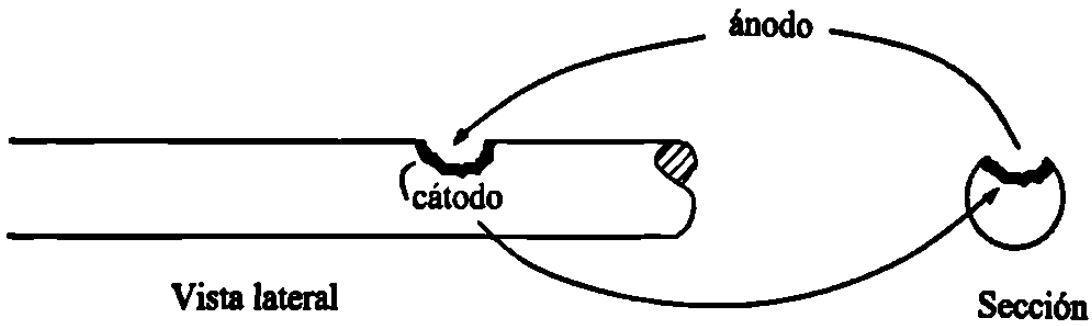


Figura No. 39

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Esquema de microcelda de corrosión

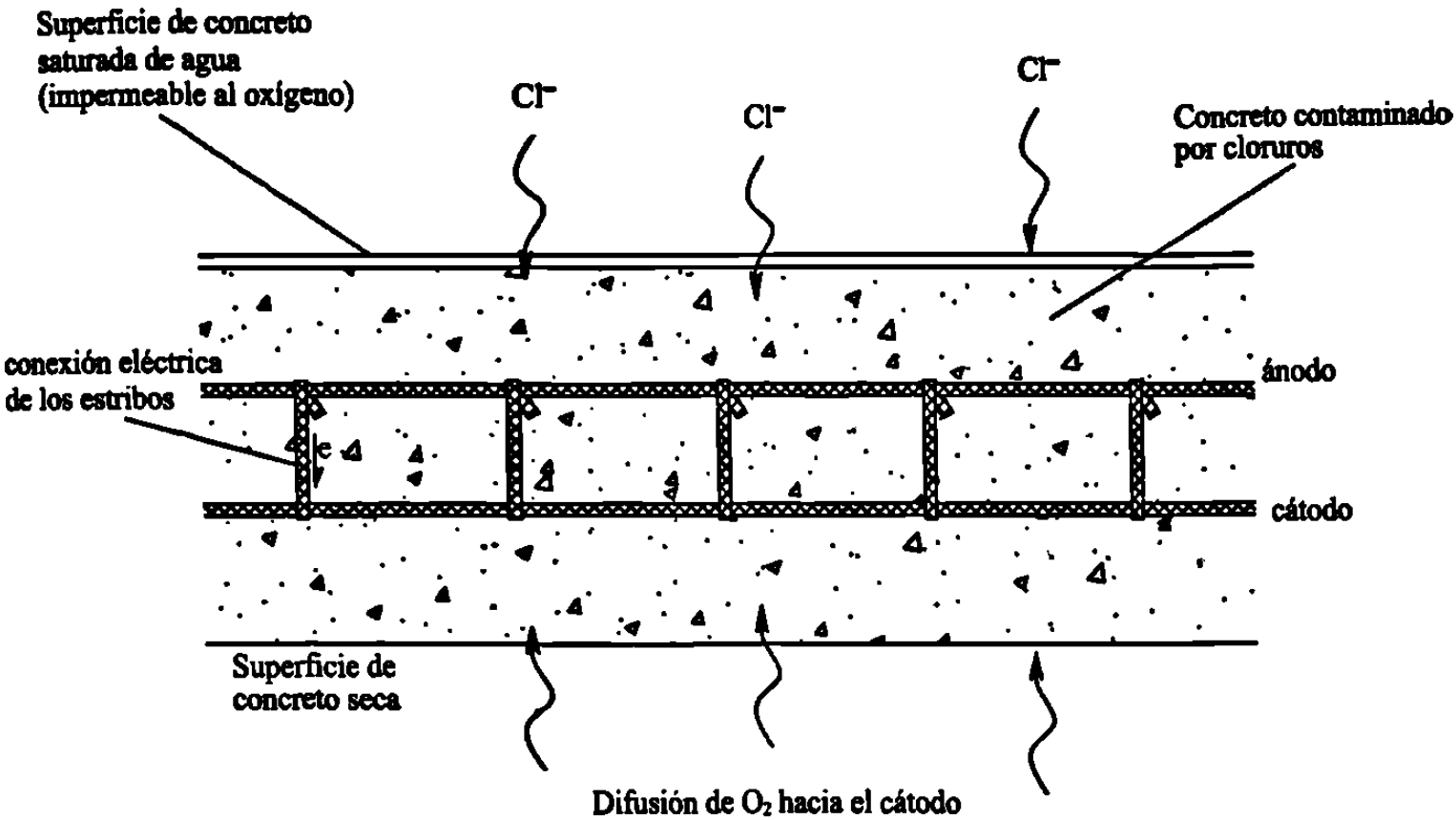


Figura No. 40

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos .
Corrosión del acero de refuerzo
Esquema de macrocelda de corrosión

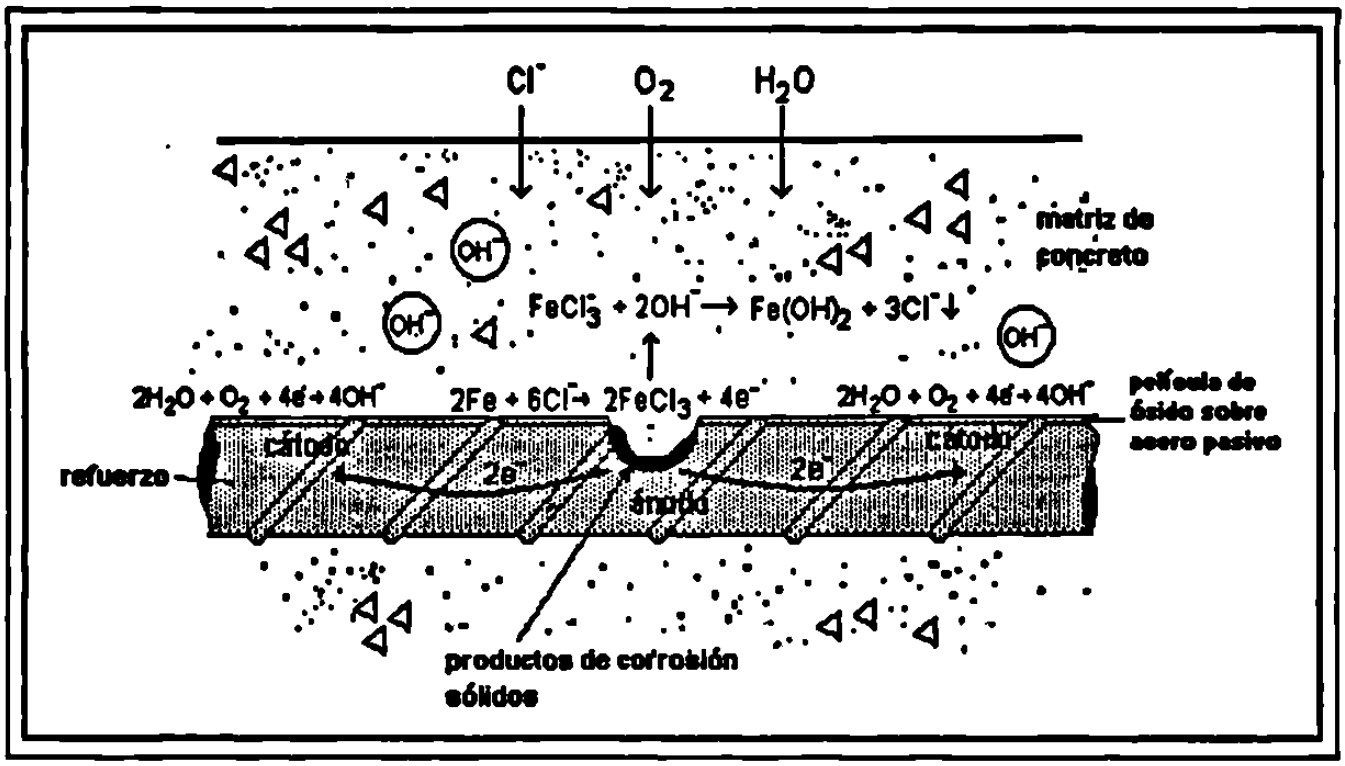


Figura No. 41

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Mecanismo de corrosión por picaduras debido a los cloruros

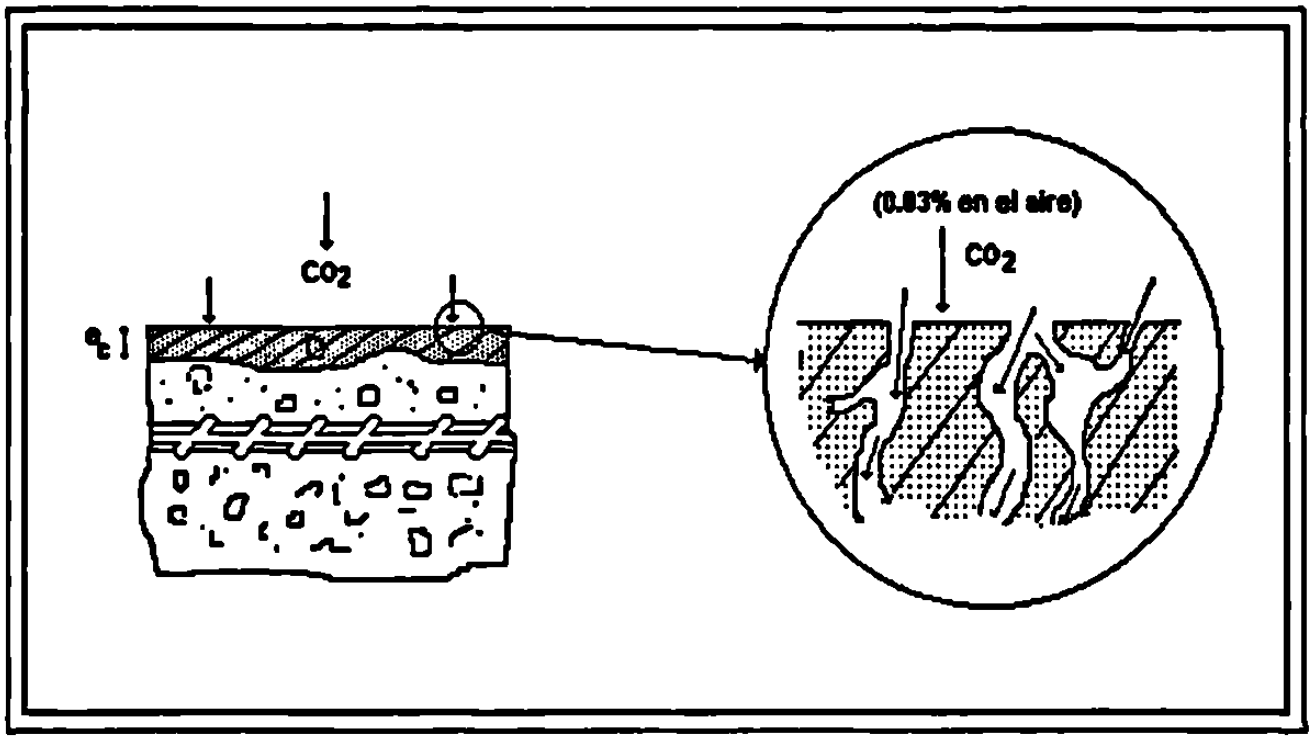
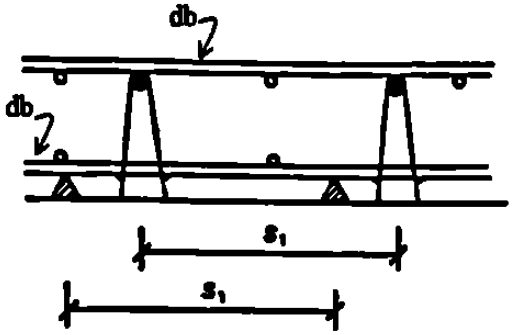
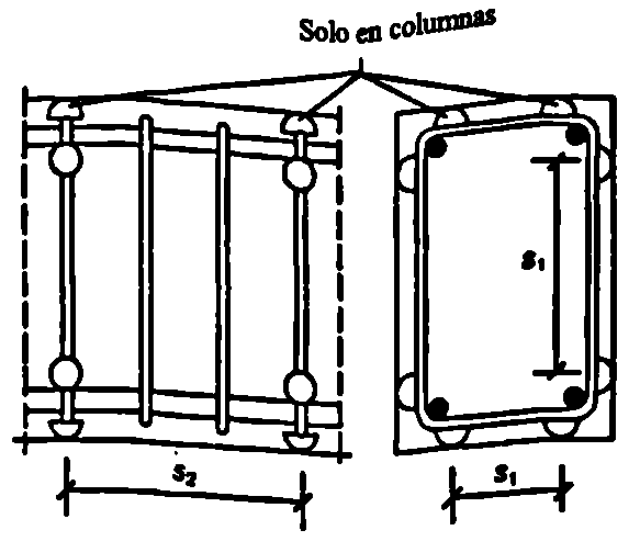


Figura No. 42

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Carbonatación en el concreto



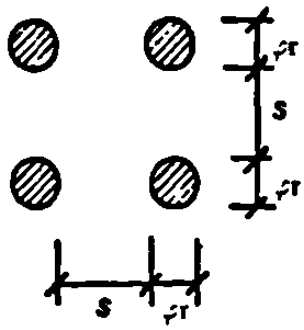
a) Losas y muros



b) Vigas y columnas

c)

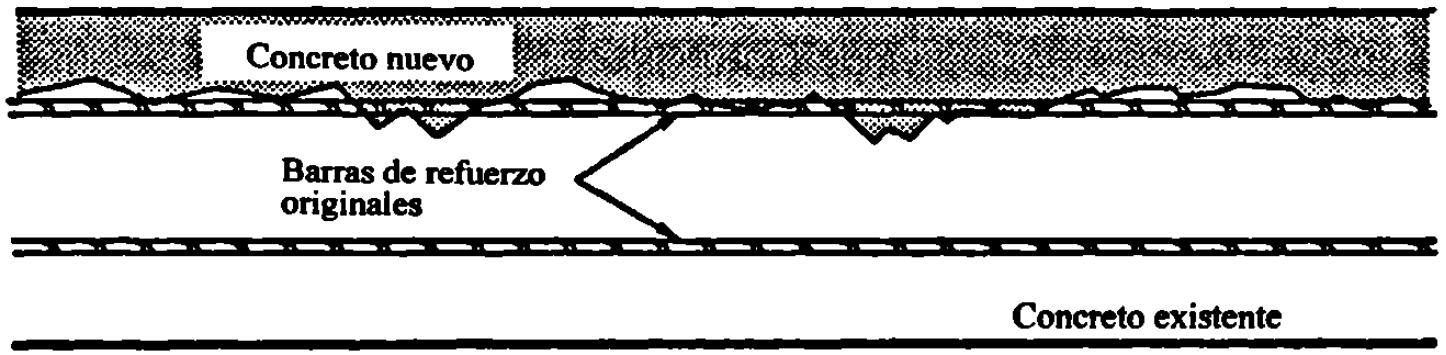
d)



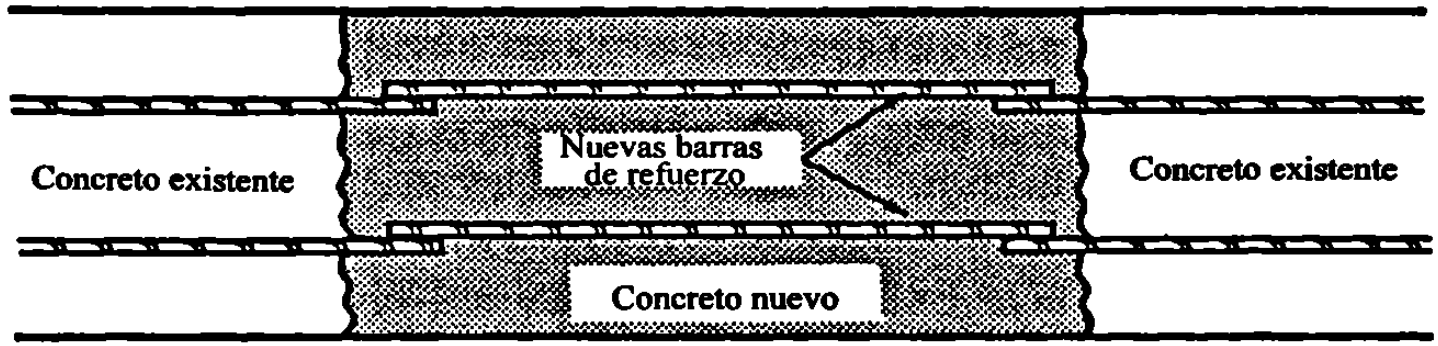
φr = 1.2 (φ nominal)
S > 30 mm
S > 1.5 (Tamaño máximo agregado)

Figura No. 43

Protección del acero de referuzo
Recubrimietos y separación entre barras
Accesosrios para el habilitado



Reparación



Reconstruccion Parcial

Figura No. 44
Intervenciones terapéuticas
Reparación vs. Reconstrucción Parcial

ANEXO C

Cuadros, Gráficas y Tablas

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.1 Acciones, solicitaciones ó perturbaciones.

Cuadro No.2 Etapas de la vida de una estructura.

Cuadro No.3 Factores que influyen en el deterioro y en el desempeño de las estructuras del concreto reforzado.

Cuadro No.4 Secuencia de actividades para el tratamiento de problemas patológicos estructurales.

Cuadro No.5 Mecanismos de transporte de agentes nocivos hacia el interior del concreto.

Cuadro No.6 Clasificación de las fallas con base en la etapa de la vida estructural en la que se originan.

Cuadro No.7 Posición de algunos metales de acuerdo a la energía requerida para extraerlos de sus menas.

Cuadro No.8 Clasificación de grietas intrínsecas ó no estructurales.

Cuadro No.9 La terapéutica estructural. Estrategia para definir la conducta a seguir en los procesos patológicos.

ACCIONES, SOLICITACIONES O PERTURBACIONES

Inducen efectos en la estructura en situaciones ordinarias, extraordinarias y transitorias.

CARGAS Y DEFORMACIONES IMPUESTAS.

Asociadas a resistencia, rigidez y estabilidad.

Pueden introducirse en los cálculos de mecánica estructural en términos de fuerzas y desplazamientos.

- Permanentes.- *Obran sobre la estructura en forma continua.*
- Variables.- *Su intensidad varía no monotómicamente con el tiempo con respecto a su valor medio.*
- Accidentales.- *Obedecen a causas naturales. Corta duración con intensidad significativa*

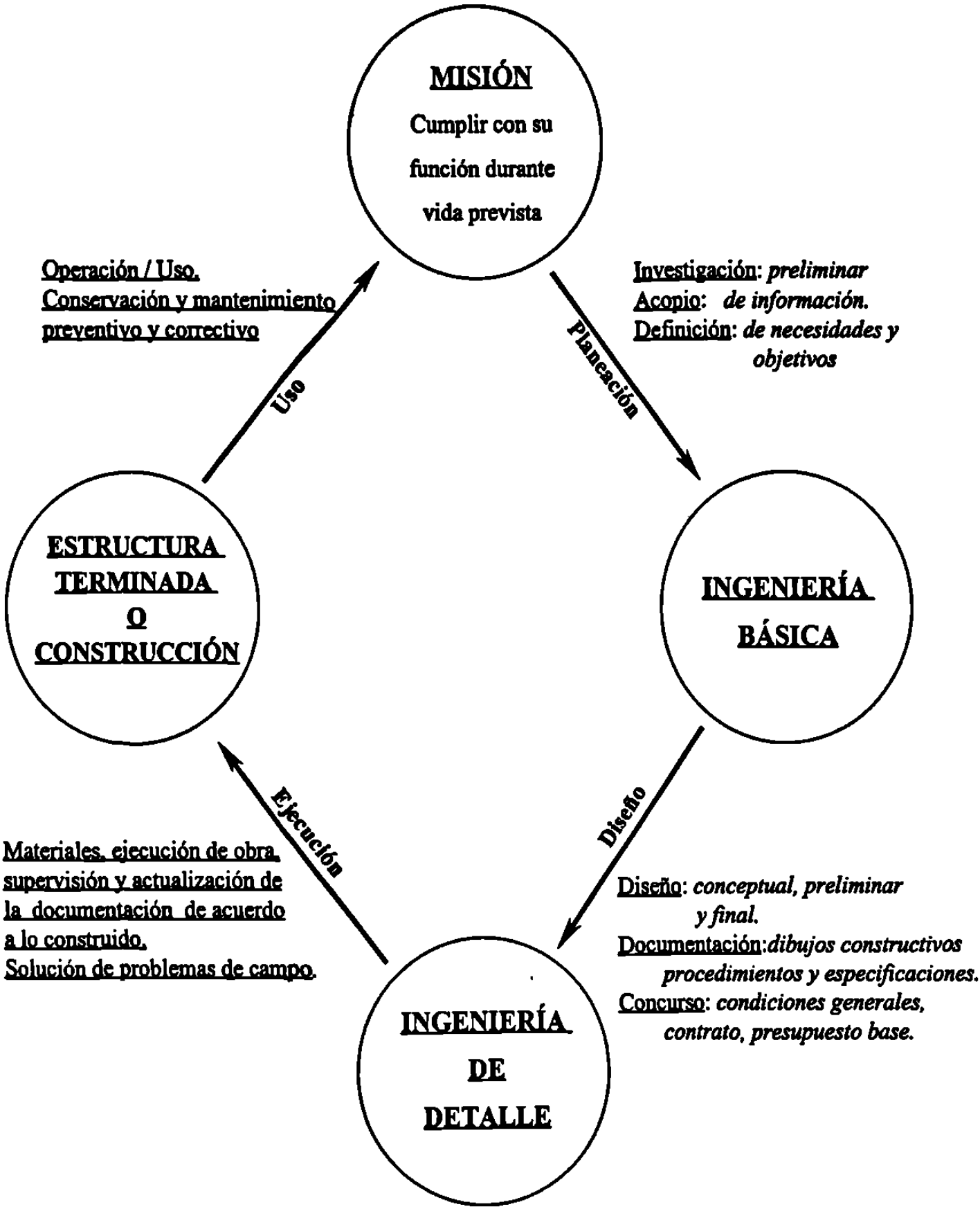
AGRESIONES.

Asociadas a durabilidad.

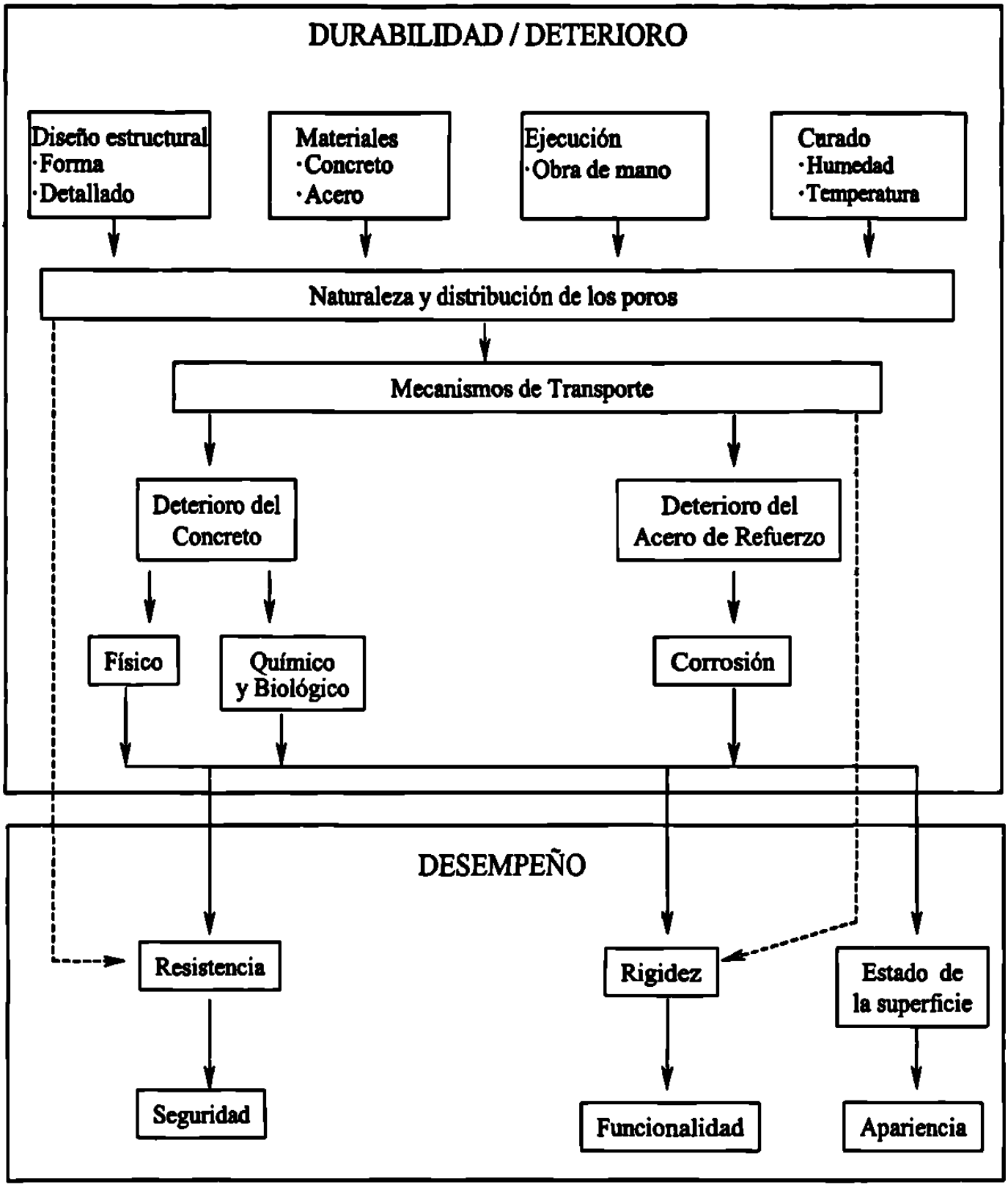
No pueden incluirse en los cálculos de mecánica estructural.

- Físicas.- *Desgaste y/o deterioro en ausencia de reacciones químicas.*
- Químicas.- *Descomposición del concreto inducida por reacciones químicas.*
- Biológicas.- *Desarrollo de algas, musgo, líquenes y bacterias anaeróbicas.*
- Corrosión.- *Oxidación electroquímica acompañada de aumento importante de volumen por pérdida de la película pasiva protectora.*

ACCIONES SOLICITACIONES O PERTURBACIONES
CUADRO No.1

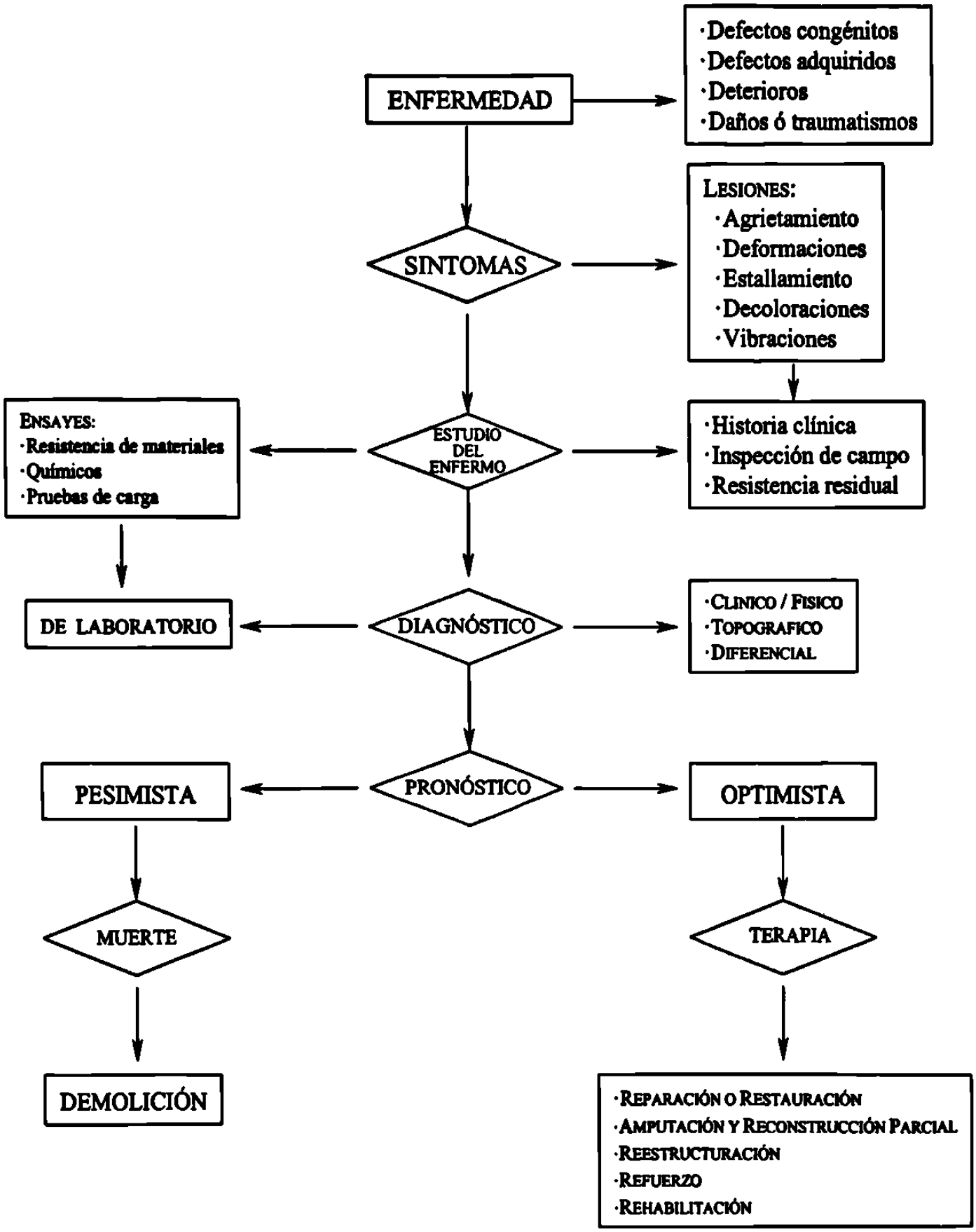


ETAPAS DE LA VIDA DE UNA ESTRUCTURA
CUADRO No.2



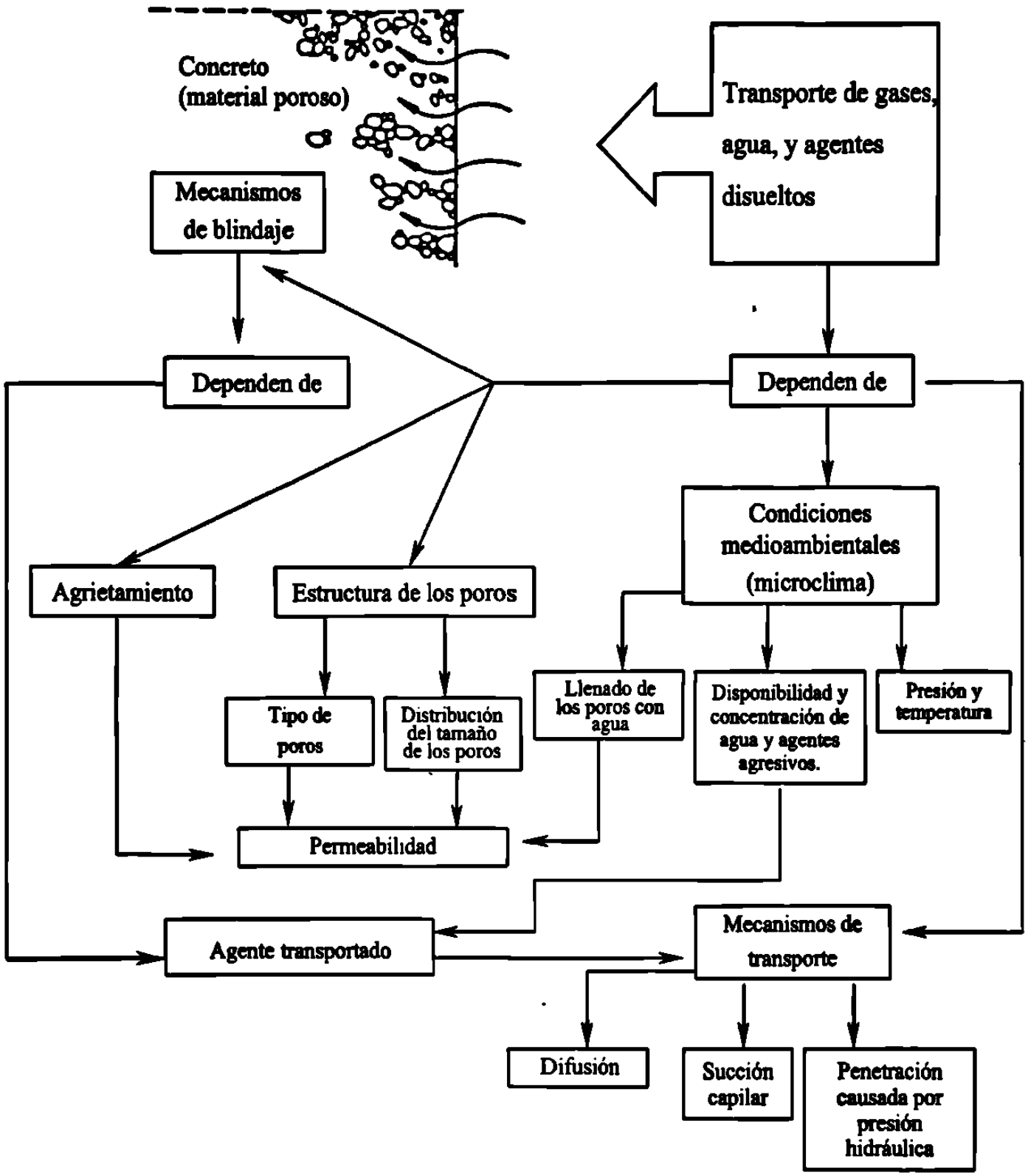
CUADRO No. 3

Factores que influyen en el deterioro y en el desempeño de las estructuras de concreto reforzado



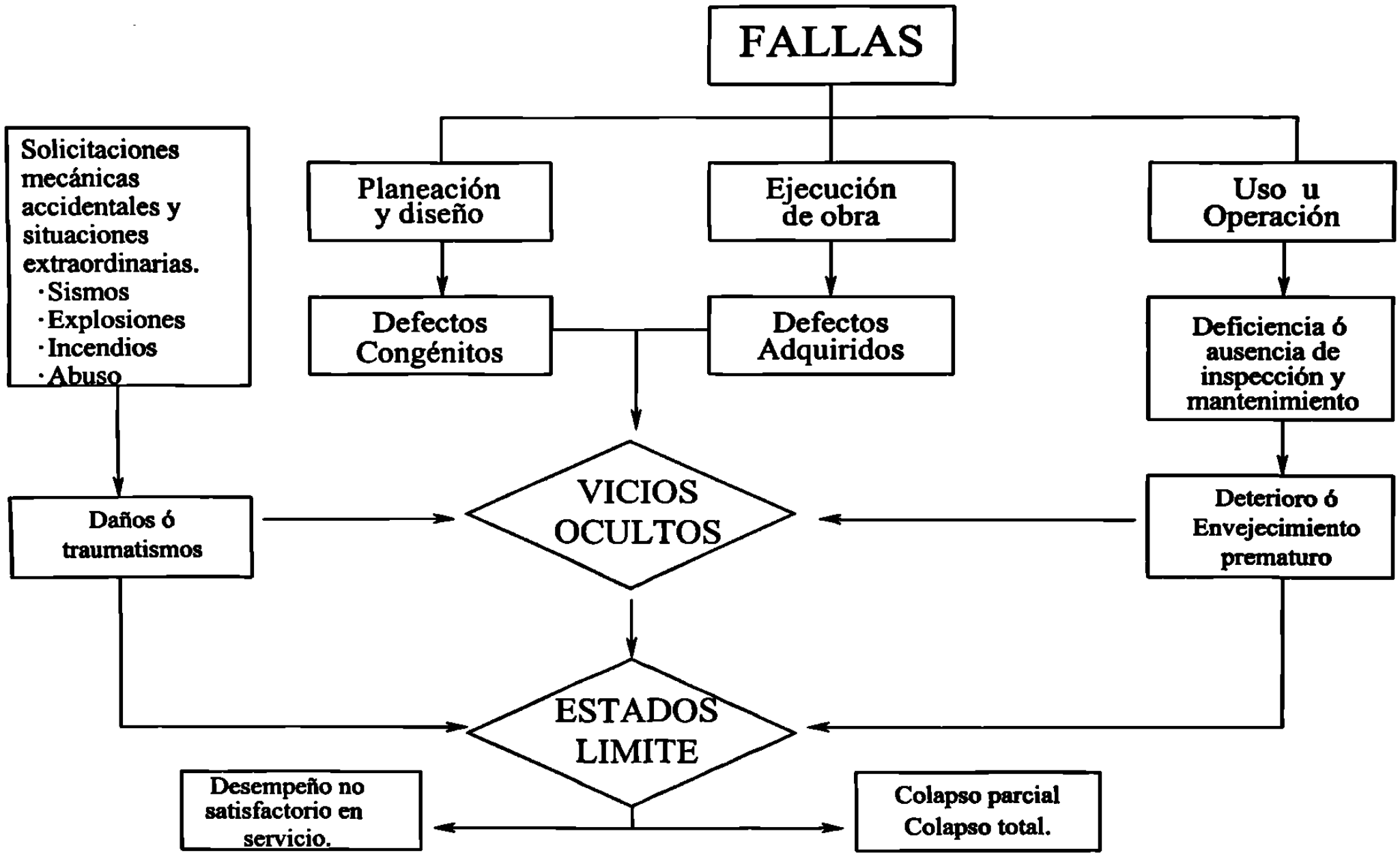
CUADRO No.4

Secuencia de actividades para el tratamiento de problemas patológicos estructurales



CUADRO No. 5

Mecanismos de transporte de agentes nocivos hacia dentro del concreto



CUADRO No. 6

Clasificación de fallas con base en la etapa de la vida estructural en que se originan.

Posición de algunos metales de acuerdo a la energía requerida para extraerlos de sus menas

Mayor energía requerida
(Mayor tendencia a corroerse)

Potasio
Magnesio
Berilio
Aluminio
Zinc
Cromo
Acero
Fierro
Níquel
Estaño
Plomo
Latón
Cobre
Bronce
Acero Inoxidable
Plata
Platino
Oro

Menor energía requerida
(Menor tendencia a corroerse)

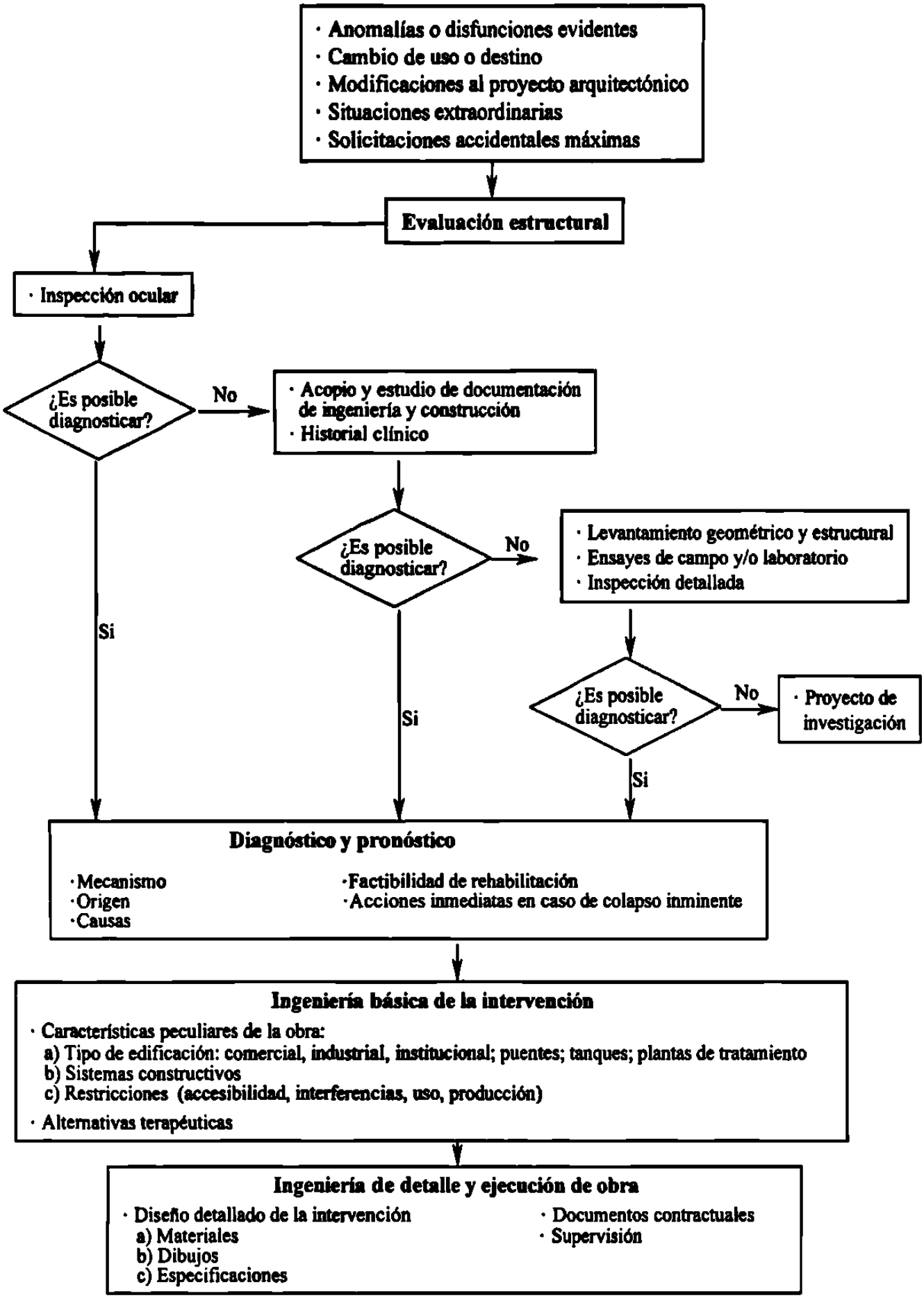
Cuadro No. 7

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acro de refuerzo
Posición de algunos metales de acuerdo a la energía requerida para extraerlos de sus menas

Tipo de Agrietamiento	Posición en Figura No. 19		Localización mas común	Causa Primaria (exceptuando restricción)	Causa Secundaria	Considerando que rediseñar es imposible Remedio En todos los casos reducir restricción	Tiempo de Aparición
Asentamiento Plástico	A	Sobre barras de refuerzo	Secciones aperaltadas	Exceso de sangrado	Secado violento a edad temprana.	Reducir el sangrado o revibrado	10 minutos a 3 horas
	B	————	Parte superior de columnas				
	C	Cambio de espesor	Losas compuestas con lámina o encasetonadas				
Contracción Plástica	D	Diagonal	Pavimentos y losas	Secado rápido a edad temprana.	Baja velocidad de sangrado	Iniciar curado lo mas pronto posible.	30 minutos a 6 horas
	E	Aleatoria	Losas sólidas				
	F	Sobre el acero de refuerzo	Losas sólidas	Secado rápido a edad temprana. Acero en lecho superior.			
Contracción térmica temprana	G	Restricción externa	Muros gruesos	Generación de calor excesivo.	Enfriamiento rápido	Reducir el calor de hidratación ó proporcionar aislamiento.	1 día a 2 a 3 semanas
	H	Restricción interna	Losas gruesas	Exceso de gradientes térmicos.			
Contracción por secado a largo plazo	I	————	Losas y muros delgados	Juntas ineficientes	Exceso de contracción. Curado inadecuado.	Reducir el contenido de agua. Mejorar el curado.	Varias semanas o meses
Estrellamiento	J	Superficies en contacto con cimbras.	Concretos aparentes	Encofrados excesivamente impermeables.	Mezclas ricas Curado Pobre	Mejorar curado y acabado.	1-7 días en ocasiones mucho después
	K	Concreto pulido	Losas	Exceso de pulido			
Corrosión del acero de refuerzo	L	Natural	Columnas y vigas	Recubrimiento deficiente	Concreto de calidad pobre	Eliminar las causas mencionadas	Mas de 2 años
	M	Cloruros.	Concreto prefabricado	Exceso de cloruro de calcio			
Reacción Alcali -Agregado	N	————	Sectores húmedos	Agregados reactivos con cementos ricos en álcalis		Eliminar las causas mencionadas	Mas de 5 años

Cuadro No. 8

Clasificación de grietas intrínsecas o no estructurales en elementos de concreto.
Trabajar este cuadro con la figura No. 19 y la gráfica No. 17



Cuadro No. 9

La terapéutica estructural
Estrategia para definir la conducta a seguir
en el tratamiento de los procesos patológicos estructurales

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica No.1 Ley de De Sitter.

Gráfica No.2 Relación entre el desempeño y vida de servicio de una estructura.

Gráfica No.3 Relación del espesor del recubrimiento carbonatado con el tiempo y con la humedad ambiental.

Gráfica No.4 Modelo de Tuutii. Vida útil con respecto a la corrosión de las barras de refuerzo.

Gráfica No.5 Fases del desarrollo de un incendio.

Gráfica No.6 Influencia de la temperatura sobre la resistencia a la compresión del concreto.

Gráfica No.7 Influencia de la temperatura sobre la resistencia a la tensión del acero.

Gráfica No.8 Influencia de la temperatura en las características mecánicas de un acero suave.

Gráfica No.9 Curva de presiones-tiempo provocada por una explosión.

Gráfica No.10 Protección del acero de refuerzo.
Aberturas máximas de grietas.
Criterio para aceptación de agrietamiento.

Gráfica No.11 Protección del acero de refuerzo.
Control de calidad. Tiempos recomendados de curado.

Gráfica No.12 Variación del contenido crítico de cloruros con la humedad relativa en el medio ambiente y con el grado de carbonatación.

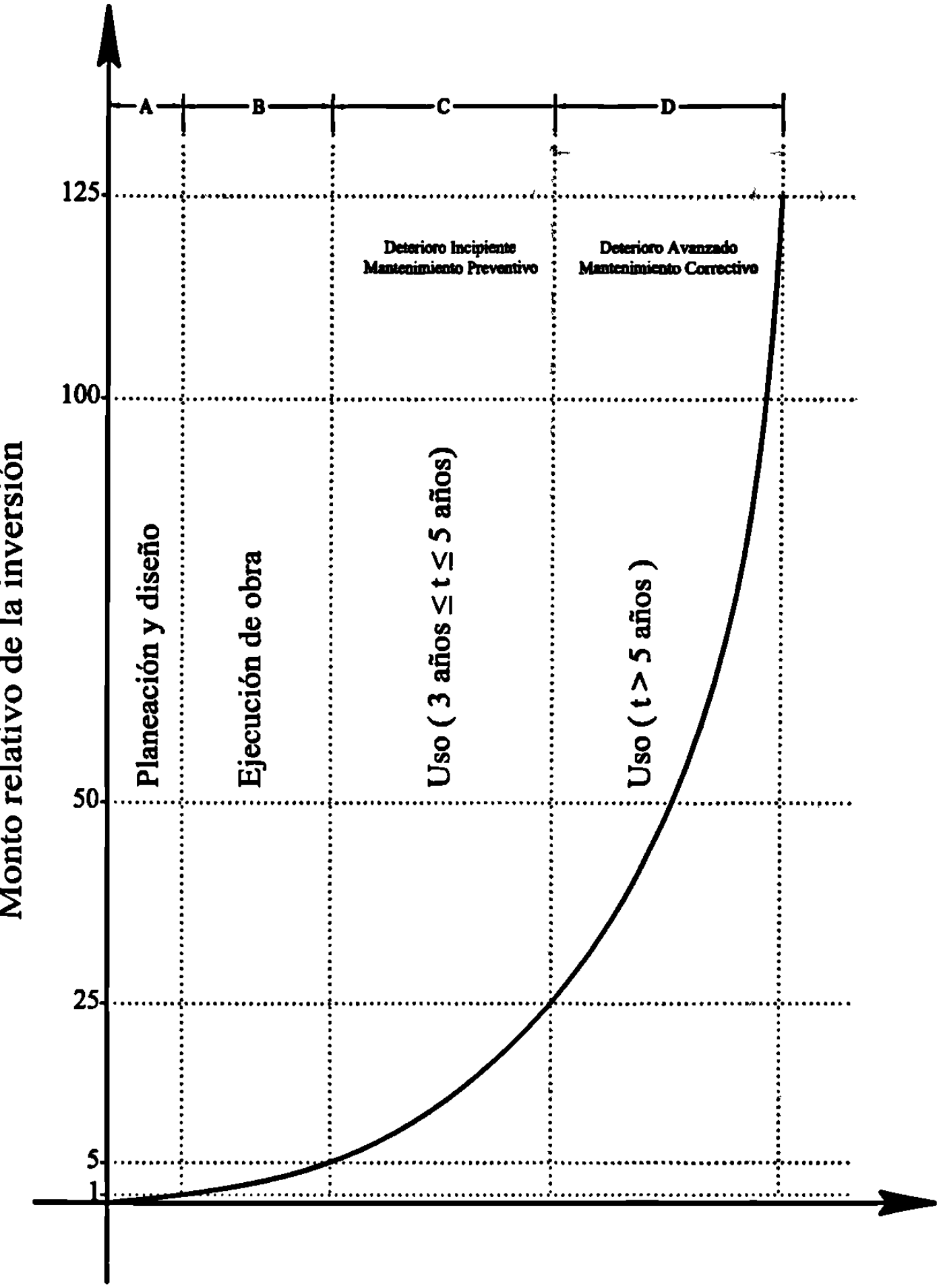
Gráfica No.13 Influencia del tipo de cemento en la permeabilidad del concreto.

Gráfica No.14 Efecto del espesor del recubrimiento en el avance del frente de carbonatación.

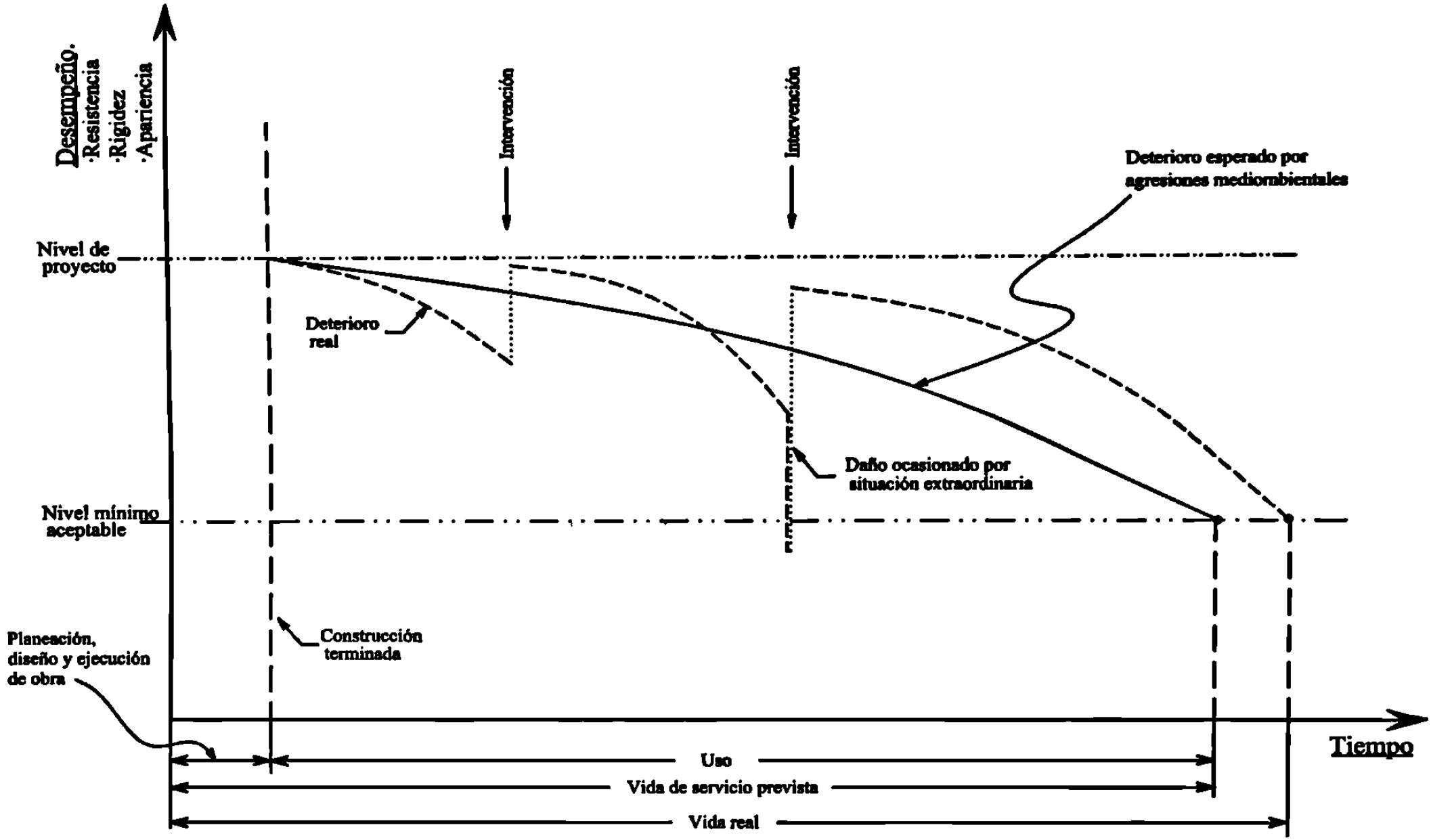
Gráfica No.15 Efecto de la relación agua/cemento en la permeabilidad del concreto.

Gráfica No.16 Efecto del contenido de cemento en la capacidad de blindaje del concreto.

Gráfica No.17 Epoca de aparición de grietas intrínsecas o no estructurales en elementos de concreto.

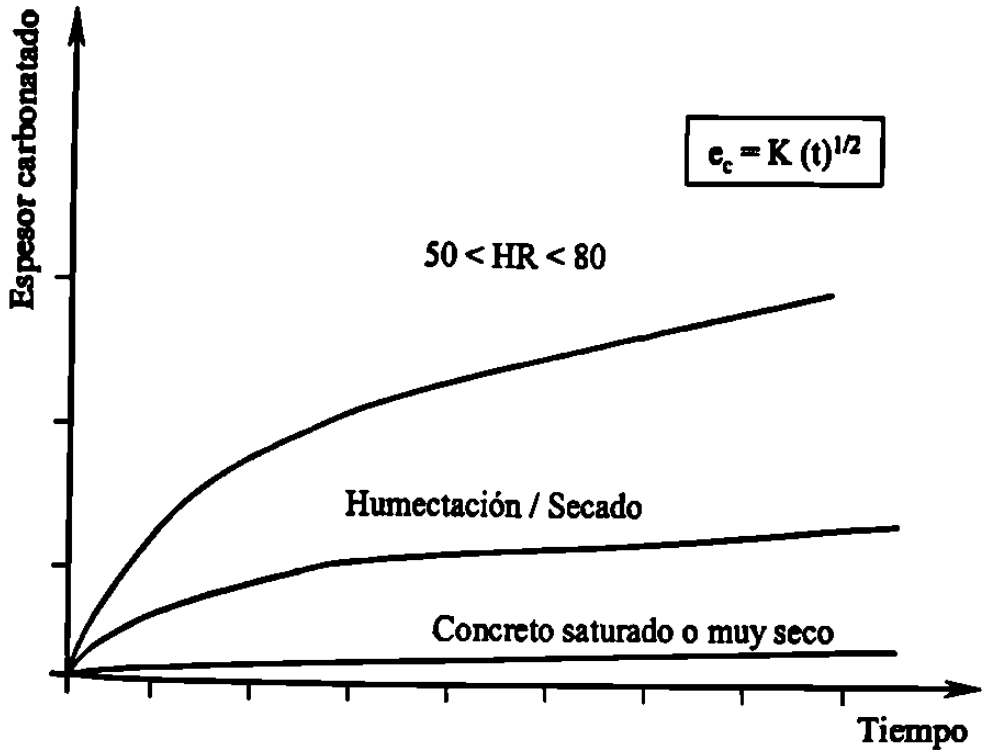


Gráfica No. 1
Ley de De Sitter



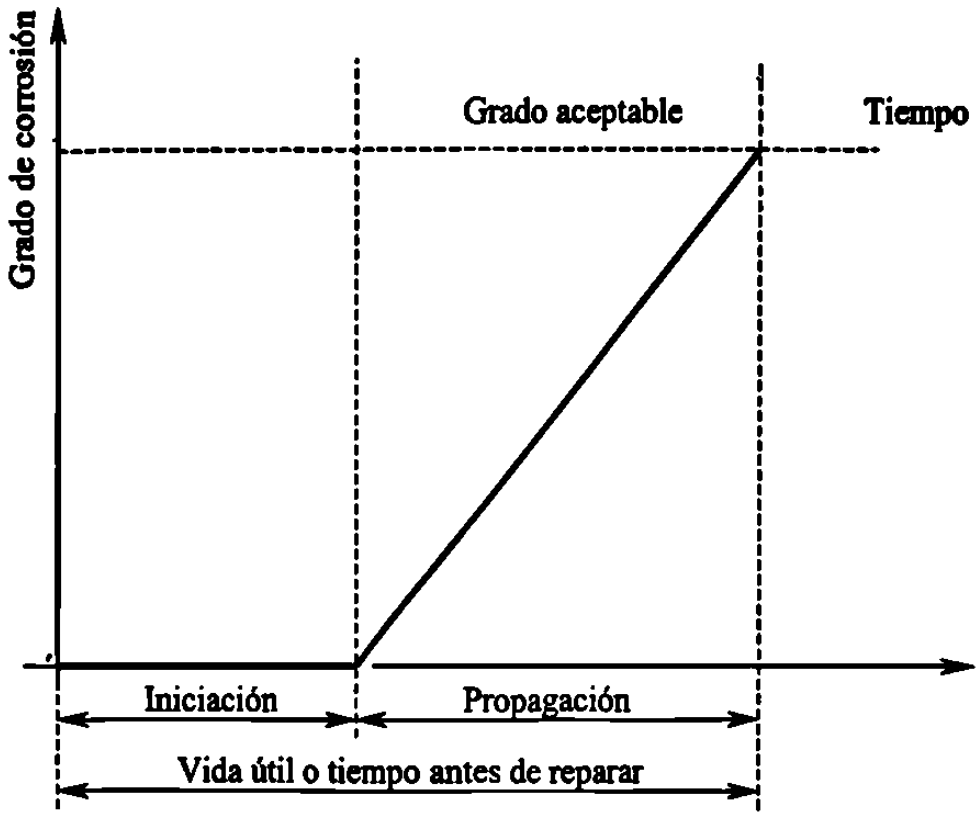
Grafica No. 2

Relación entre el desempeño
y vida de servicio de una estructura



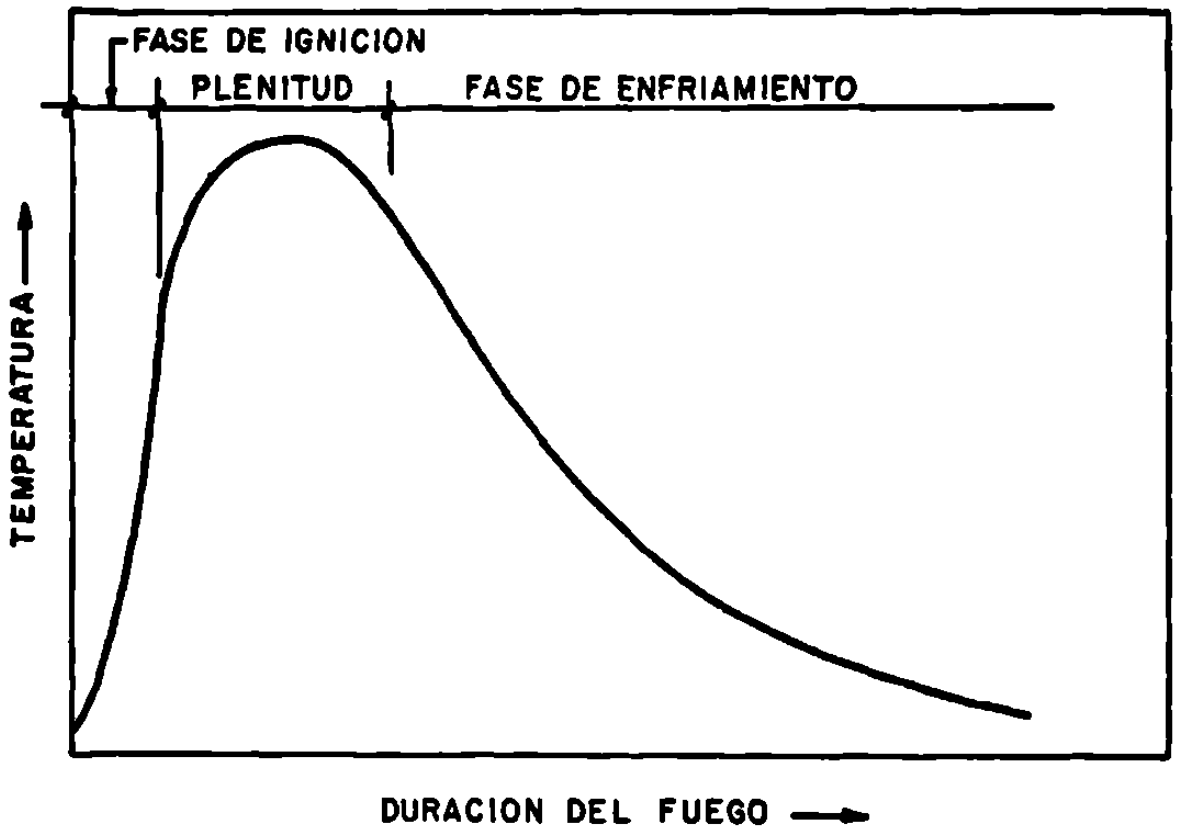
Grafica No. 3

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Relación del espesor carbonatado con el tiempo y con la humedad ambiental



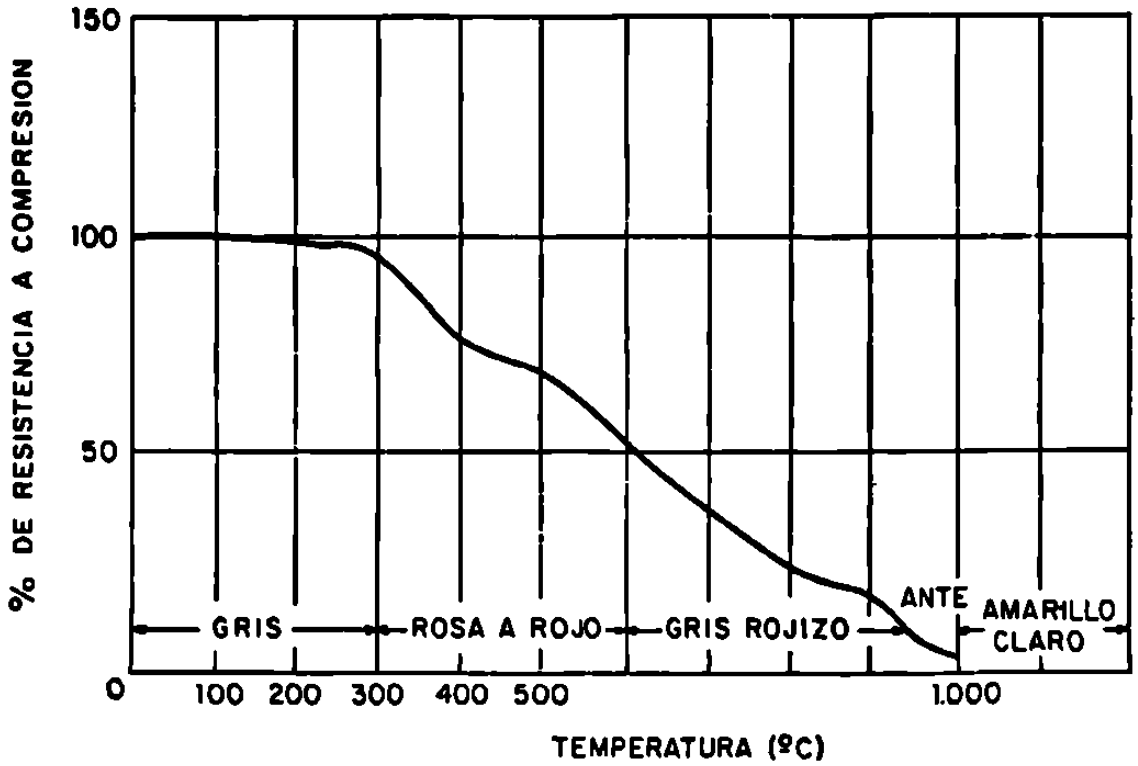
Grafica No. 4

Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos
Corrosión del acero de refuerzo
Modelo de Tuutii
Vida útil con respecto a la corrosión de las barras de refuerzo



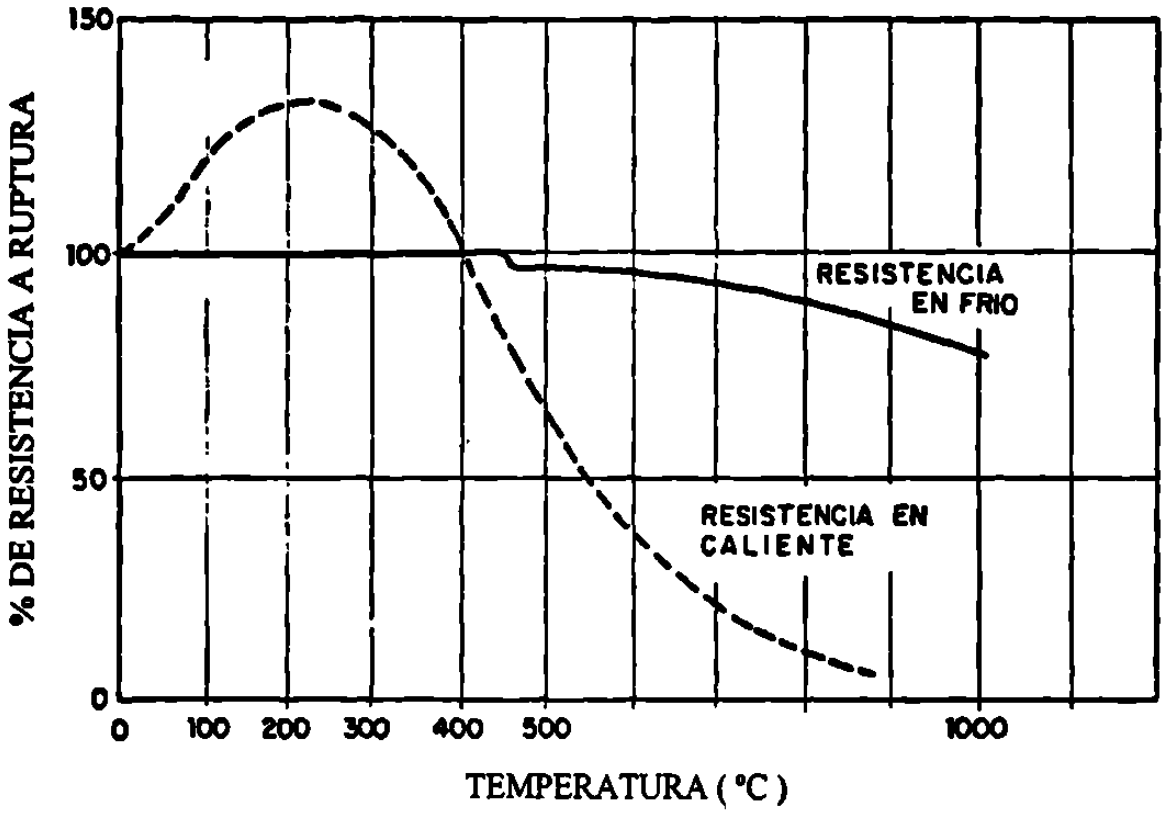
Gráfica No. 5

Daños ocacionados en situaciones extraordinarias
Fases de desarrollo de un incendio



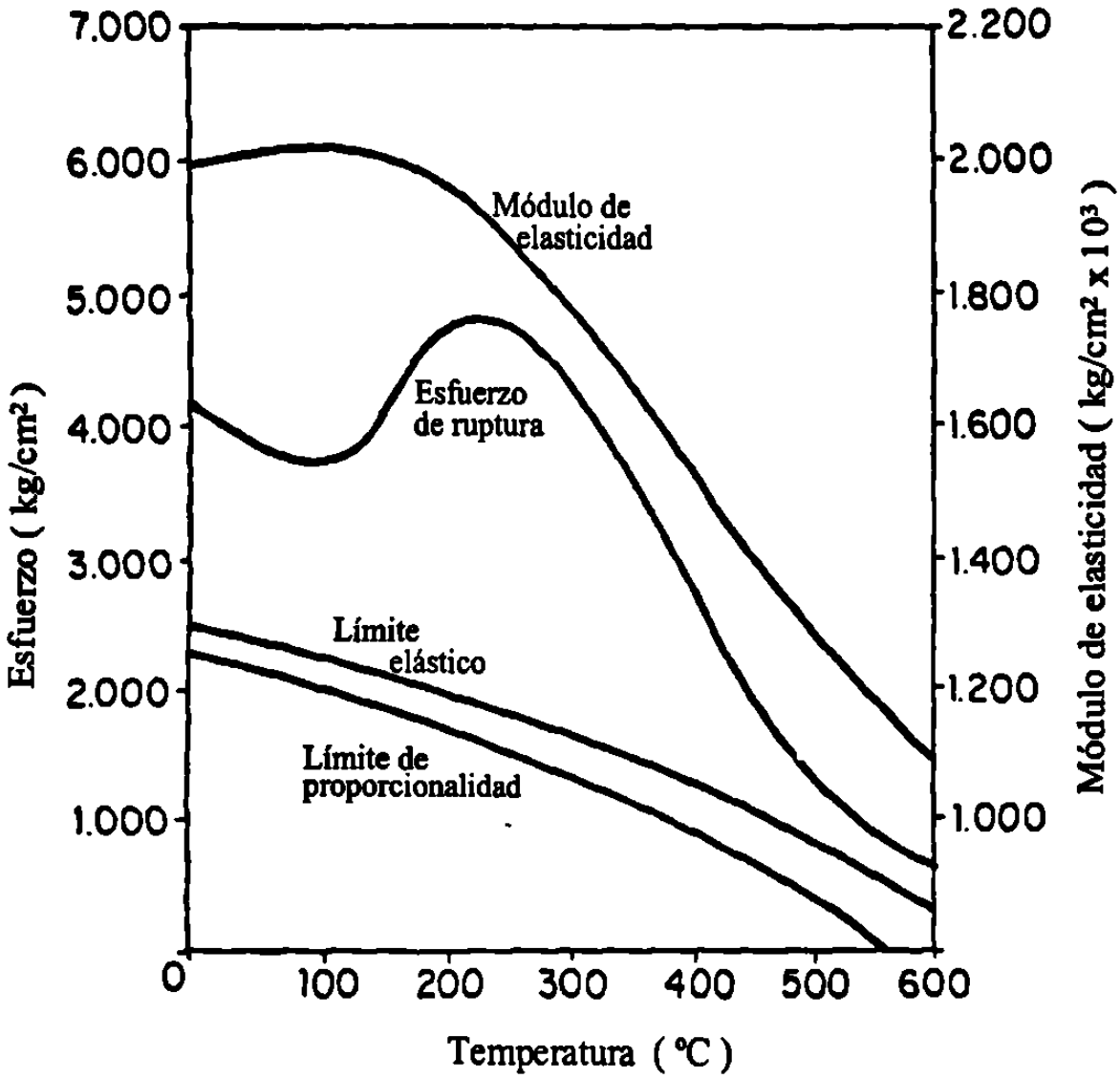
Gráfica No. 6

Daños ocasionados en situaciones extraordinarias
Influencia de la temperatura sobre la resistencia a compresión del concreto



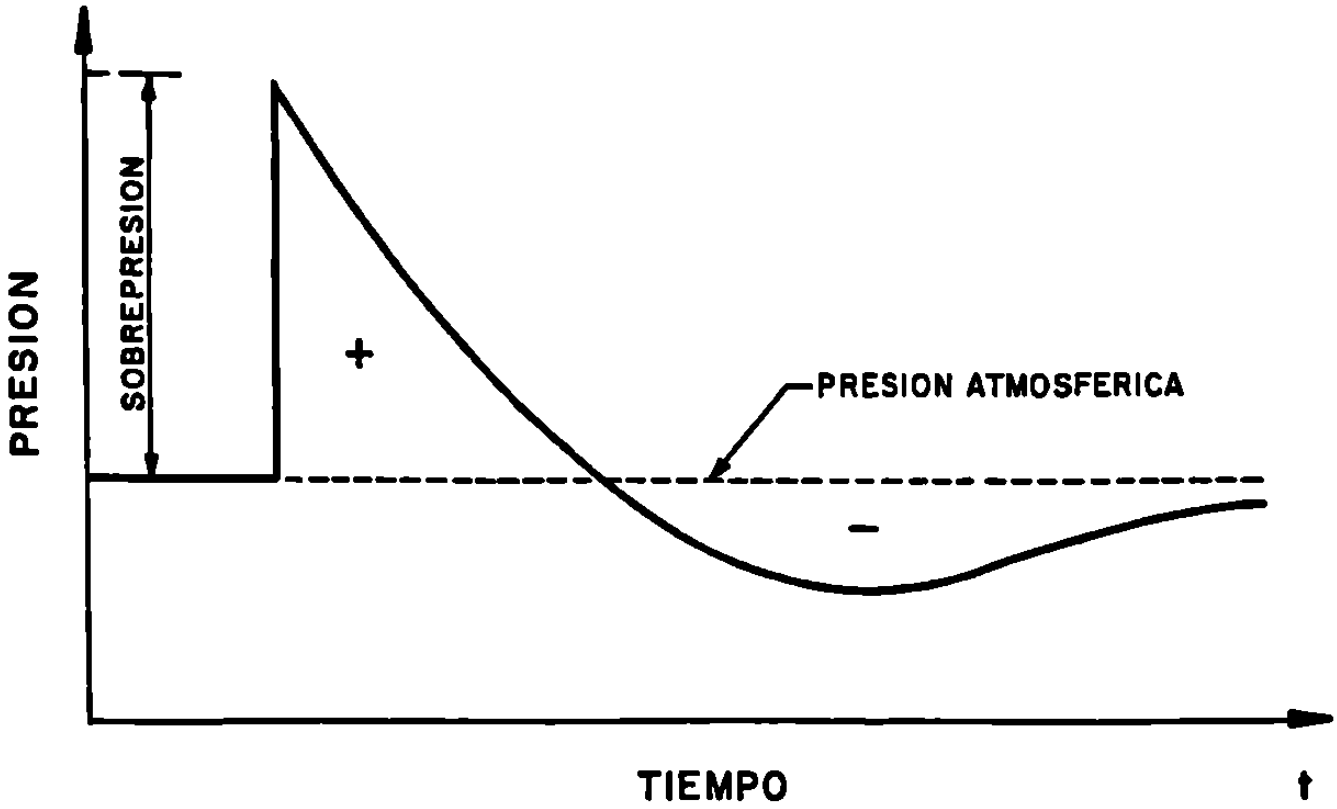
Gráfica No. 7

Daños ocasionados en situaciones extraordinarias
Influencia de la temperatura sobre la resistencia a tensión del acero



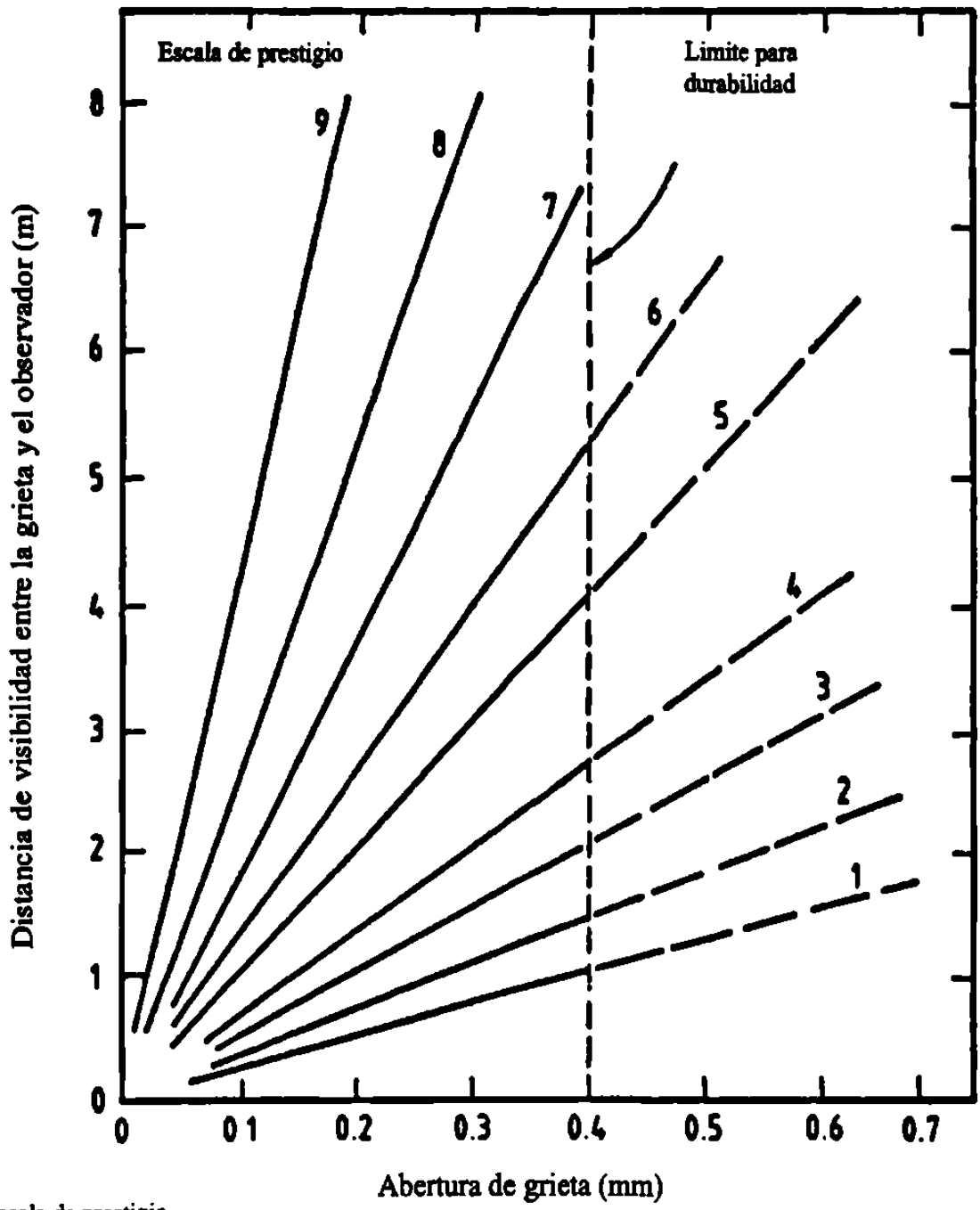
Gráfica No. 8

Daños ocasionados en situaciones extraordinarias
Influencia de la temperatura en las características del acero de refuerzo grado suave



Gráfica No. 9

Curva de presiones-tiempo provocada por una explosión

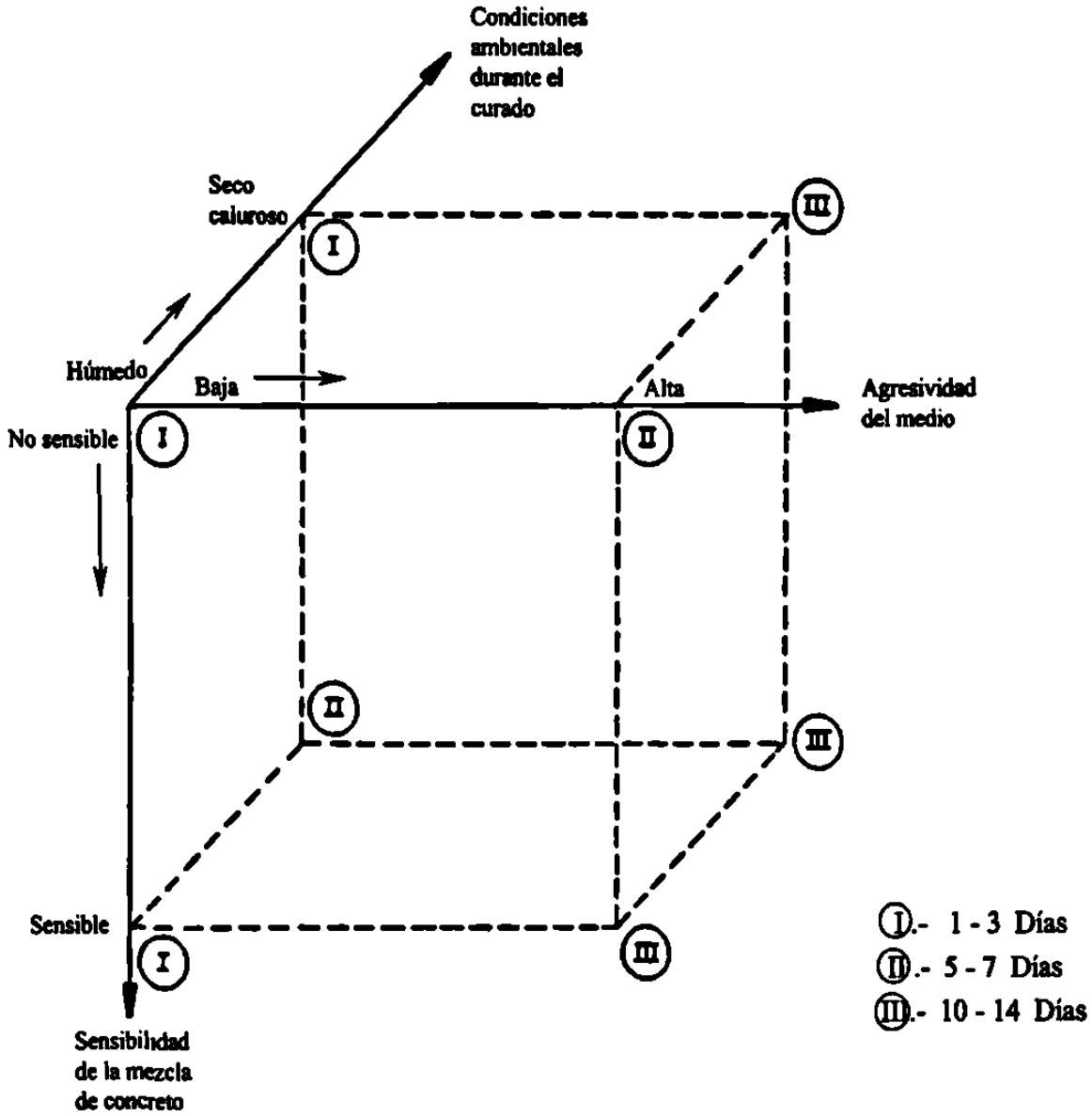


Escala de prestigio.-

1. Areas de almacenamieto poco utilizadas y raramente vistas.
2. Edificios para estacionamiento de automóviles y garajes.
3. Edificios comerciales e industriales.
5. Edificios de viviendas.
8. Edificios publicos gubernamentales.
9. Edificios monumentales p. ej. Museo Nacional de Antropología

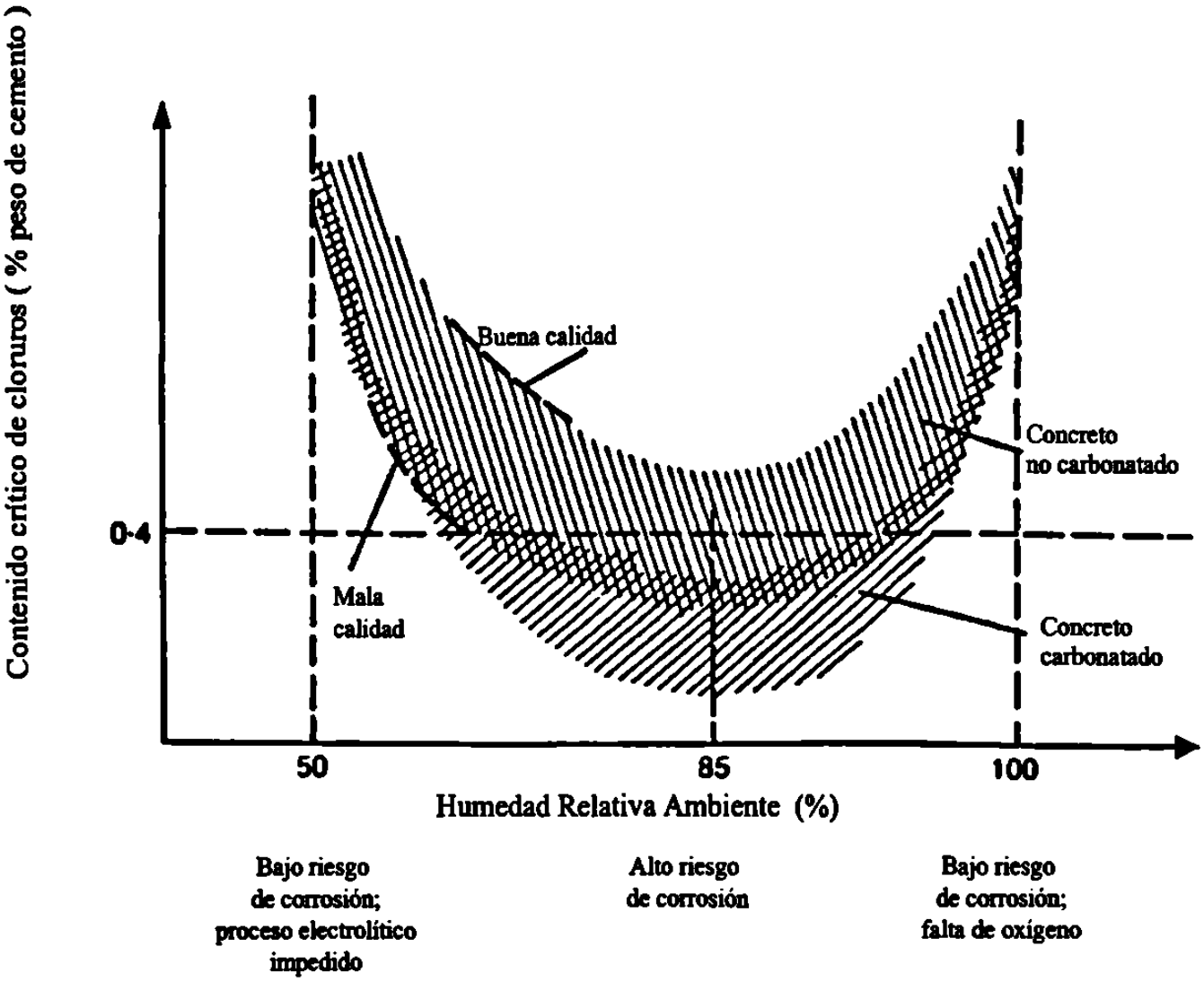
Grafica No. 10

Protección del acero de refuerzo
Aberturas máximas de grietas
Crieterio para aceptación



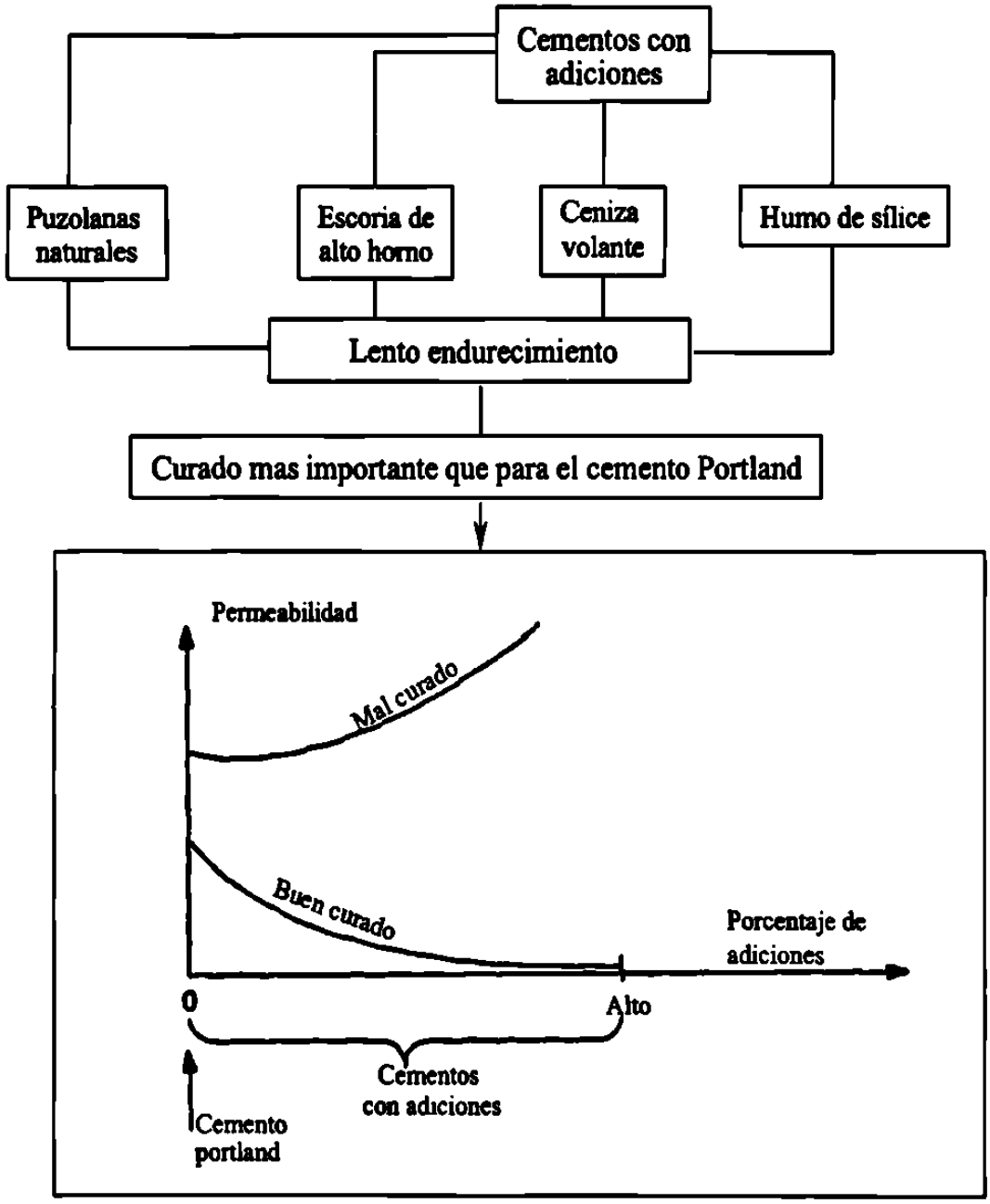
Gráfica No. 11

Protección del acero de refuerzo
Tiempos recomendados de curado



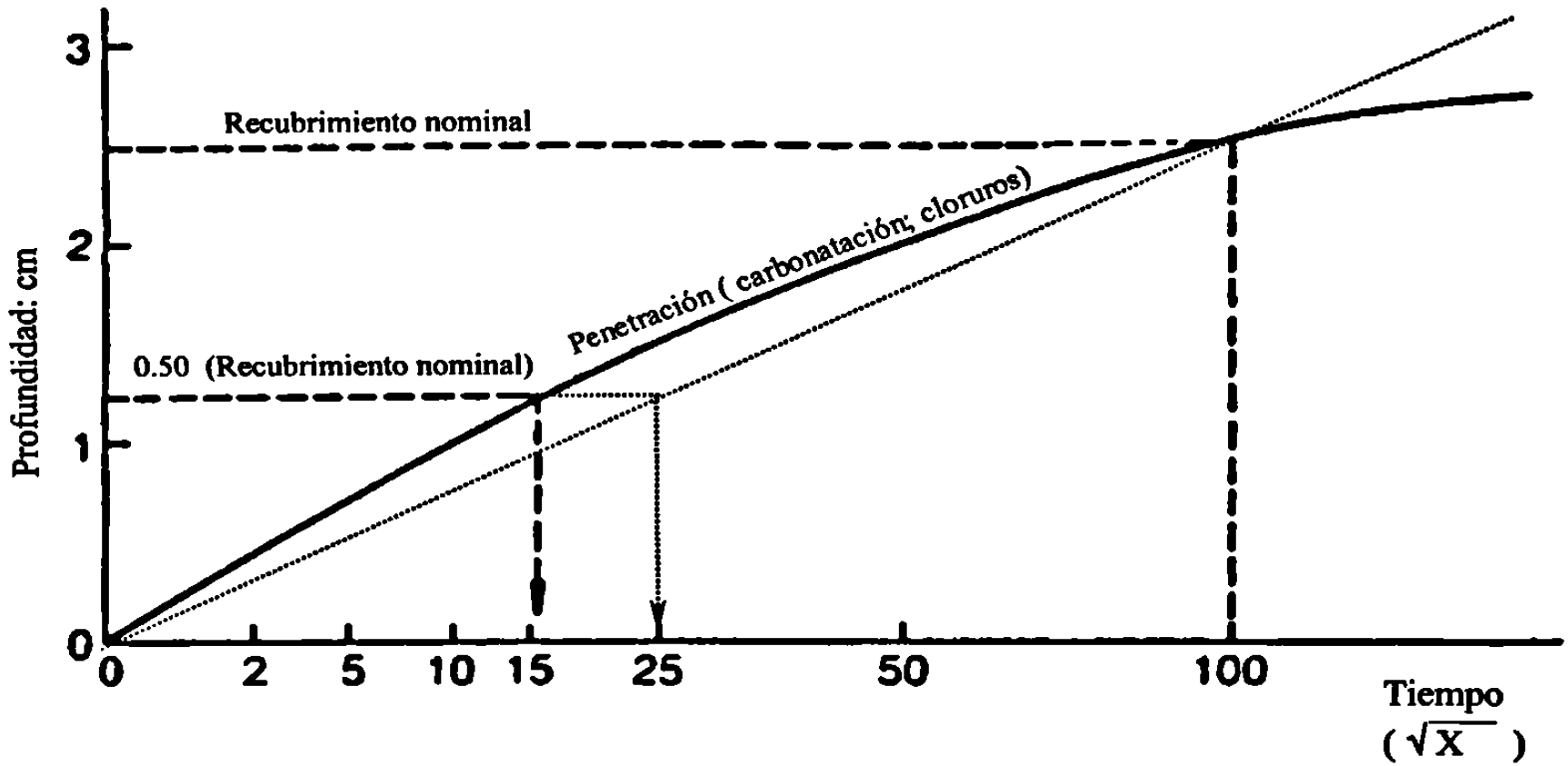
Gráfica No. 12

Variación del contenido crítico de cloruros con la humedad relativa en el medio ambiente y con el grado de carbonatación



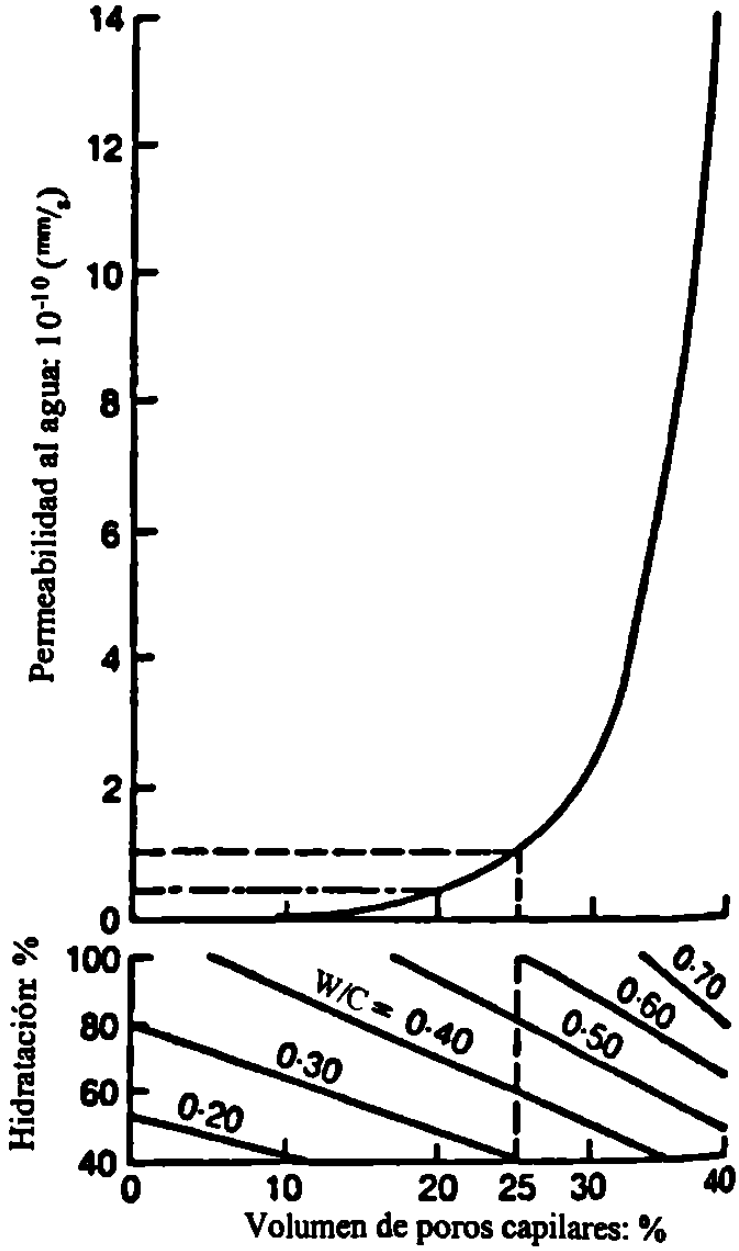
Gráfica No. 13

Influencia de el tipo de cemento en la permeabilidad del concreto



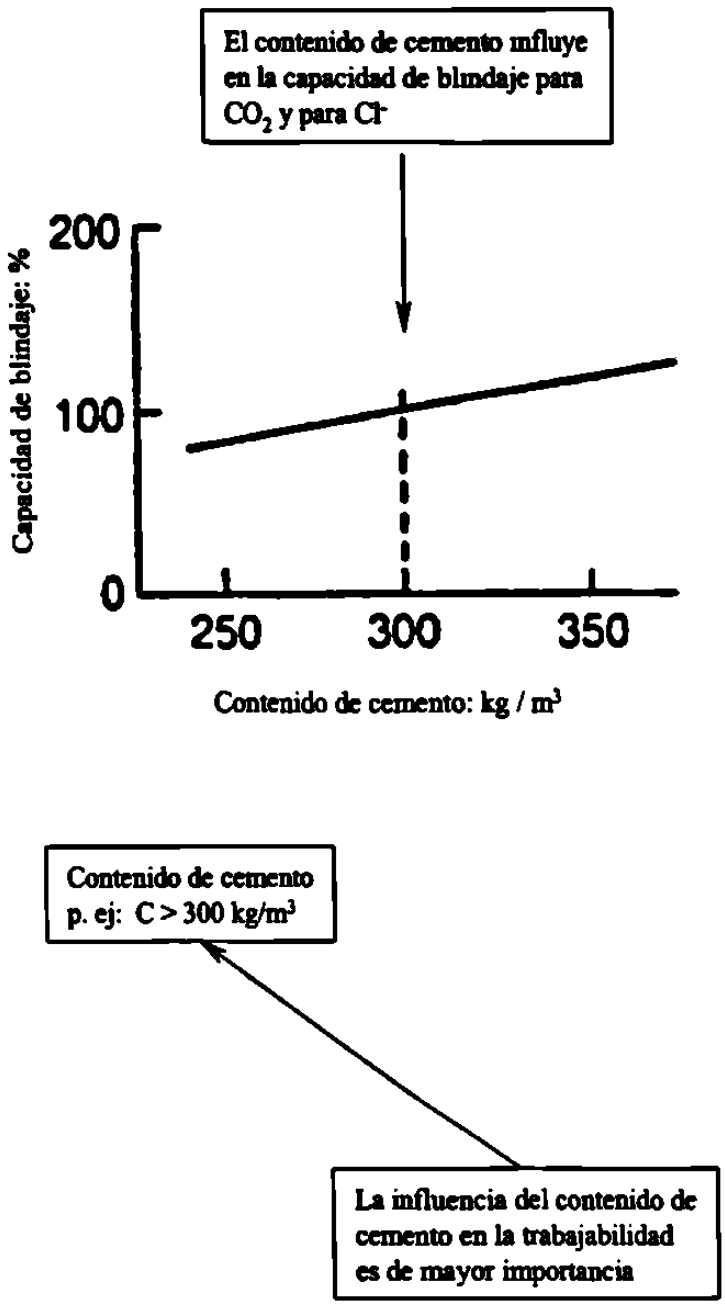
Gráfica No. 14

Efecto del espesor del recubrimiento en el avance del frente de carbonatación y de cloruros



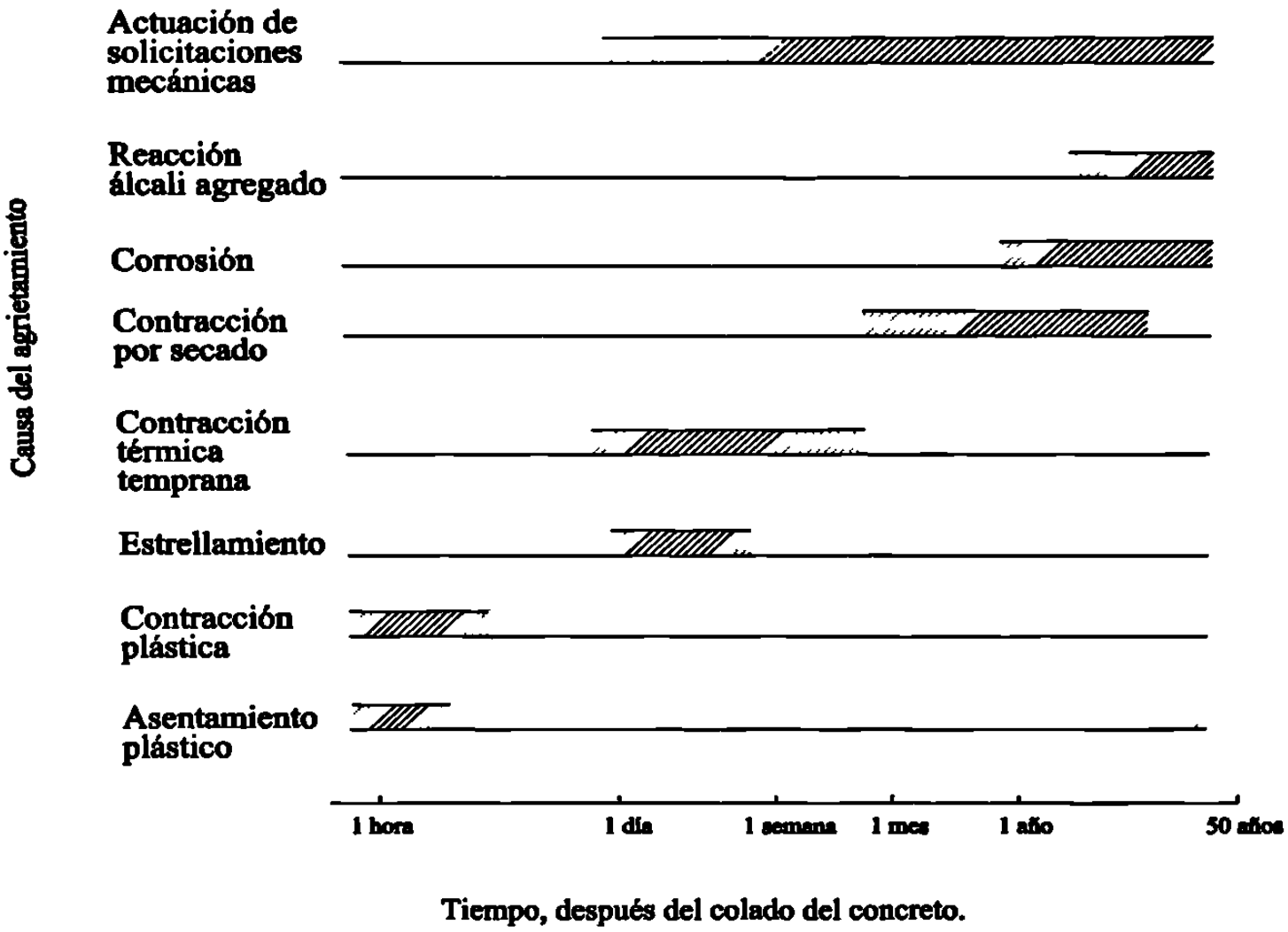
Grafica No. 15

Influencia de la relación agua/cemento en la permeabilidad del concreto



Gráfica No. 16

Influencia del contenido de cemento en la capacidad de blindaje del concreto



Gráfica No. 17

Epoca de aparición de grietas intrínsecas ó no estructurales en elementos de concreto.
Trabajar esta gráfica con la Figura No. 19 y con el cuadro No. 8

LISTA DE TABLAS

Tabla No.1 Clases de exposición para el concreto asociadas a condiciones medioambientales.

Tabla No.2 Clases de exposición para el acero de refuerzo asociadas a condiciones medioambientales.

Tabla No.3 Grado de ataque químico al concreto por aguas y suelos que contenen agentes agresivos.

Tabla No.4 Recomendaciones para concreto durable asociadas a las clases de exposición de la Tabla No. 1.

Tabla No.5 Medidas profilácticas contra ataque químico al concreto por aguas y suelos que contienen agentes agresivos.

Tabla No.6 Medidas profilácticas para concreto resistente a los sulfatos.

Tabla No.7 Medidas profilácticas para concreto resistente a la reacción álcali - agregado.

TABLA No. 1

Exposure class		Environmental conditions
1		Dry environment, e.g. — interior of buildings for normal habitation or offices — exterior components not exposed to wind and weather or soil or water — localities with higher relative humidity only for a short period of the year (e.g. >60% RH for less than 3 months per year)
2	a	Humid environment without frost,* e.g. — interior of buildings where humidity is high — exterior components exposed to wind and weather but not exposed to frost — components in non-aggressive soil and/or water not exposed to frost
	b	Humid environment with frost,* e.g. — exterior components exposed to wind and weather or non-aggressive soil and/or water and frost
3		Humid environment with frost* and de-icing agents, e.g. — exterior components exposed to wind and weather or non-aggressive soil and/or water and frost and de-icing chemicals
4	a	Sea-water environment, e.g. — components in splash zone or submerged in sea water with one face exposed to air — components in saturated salt air (direct coast area)
	b	Sea-water environment with frost,* e.g. — components in splash zone or submerged in sea water with one face exposed to air — components in saturated salt air (direct coast area) .
The following classes may occur alone or in combination with the above classes		
5†	a	Slightly aggressive chemical environment (gas, liquid or solid)
	b	Moderately aggressive chemical environment (gas, liquid or solid)
	c	Highly aggressive chemical environment (gas, liquid or solid)

* Under moderate European conditions.
† See ISO classification of chemically aggressive environmental conditions affecting concrete. The ISO standard is still to be established. See also Table 9.3.

Clases de exposición para el concreto asociadas a condiciones medioambientales.

TABLA No. 2

Exposure class		Environmental conditions
1		Dry environment: generally dry localities of fairly constant humidity when the relative humidity only infrequently exceeds 70%, e.g. interiors of buildings for normal habitation or offices
2	a	Environments with infrequent major variations in relative humidity, giving only occasional risk of condensation
	b	Environments with frequent major variations in humidity, giving frequent risks of condensation
3		Humid environment with frost* and de-icing agents, e.g. exterior components exposed to wind and weather or non-aggressive soil and/or water and frost and de-icing chemicals
4		Sea-water environment, e.g. — components in splash zone or submerged in sea water with one face exposed to air — components in saturated salt air (direct coast area)

* Under moderate European conditions.

Clases de exposición para el acero de refuerzo asociadas a condiciones medioambientales.

TABLA No. 3

	Exposure class* 5a	Exposure class* 5b	Exposure class* 5c	
Type of attack	Weak attack	Moderate attack	Strong attack	Very strong attack
Water				
pH value	6·5–5·5	5·5–4·5	4·5–4·0	<4·0
Aggressive CO_2: mg CO_2/l	15–30	30–60	60–100	>100
Ammonium: mg NH_4^+/l	15–30	30–60	60–100	>100
Magnesium: mg Mg^{2+}/l	100–300	300–1500	1500–3000	>3000
Sulphate: mg SO_4^{2-}/l	200–600	600–3000	3000–6000	>6000
Soil				
Degree of acidity according to Baumann–Gully	>20	X†	X†	X†
Sulphate: mg SO_4^{2-}/kg of air-dry soil	2000–6000	6000–12 000	12 000	X†

* See Table 9.1.
† X = conditions of attack which are not found in practice.

Grado de ataque químico al concreto por aguas y suelos que contienen agentes agresivos.

TABLA No. 4

Requirement		Class of exposure according to Table 9.1								
		1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c*
Strength class according to ISO 4012[22]	Plain concrete	≥C12/15	≥C20/25	≥C20/25	≥C20/25	≥C25/30	≥C25/30	≥C20/25	≥C25/30	≥C30/35
	Reinforced concrete	≥C16/20								
	Prestressed concrete	≥C20/25								
W/C ratio†	Plain concrete	–	≤0·70	≤0·55	≤0·55	≤0·55	≤0·50	≤0·55	≤0·50	≤0·45
	Reinforced concrete	≤0·65	≤0·60							
	Prestressed concrete	≤0·60	≤0·60							
Cement content† for maximum aggregate size between 16 and 32 mm: kg/m³	Plain concrete	≥150	≥180	≥180	≥180	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
	Reinforced concrete	≥270	≥300	≥300	≥300					
	Prestressed concrete	≥300	≥300	≥300	≥300					
Air content‡ according to ISO 4848[23] for maximum particle size of aggregates: %	≤32 mm	–	–	If risk that concrete will be saturated, as for class 3	≥4	–	If risk that concrete will be saturated, as for class 3	–	–	–
	≤16 mm				≥5					
	≤8 mm				≥6					
Water penetration according to ISO 7031:[24] mm		–	–	≤50	≤50	≤30	≤30	≤50	≤30	≤50
Additional requirements for aggregates		–	–	Frost resistant	Frost resistant	–	Frost resistant	–	–	–
Additional requirements for cement		–	–	–	–	–	–	–	–	Sulphate resistance§ when sulphate content in water >400 mg/kg, in soil >3000 mg/kg

* The concrete should be protected against direct contact with the aggressive medium by coating.

† Additions of type II (see clause 3, paragraph 12, of ref. 12) may possibly be taken into account, depending on the requirements applicable in the locality where the concrete is used.

‡ With spacing factor of air entraining agent = 0·20; however, no entrained air is required if the concrete, when tested according to ISO 4846,[25] satisfies the damage class 0 or 1.

§ The sulphate resistance of the cement shall be judged in accordance with the rules applicable in the locality where the concrete is used.

Recomendaciones para concreto durable asociadas a las clases de exposición de la Tabla No. 1.

TABLA No. 5

Concrete parameter	Exposure class* 5a			Exposure class* 5b	Exposure class* 5c	
	Weak attack			Moderate attack	Strong attack	Very strong attack
Aggressive agents in which sulphates are present						
Type of cement†	OC	OC	SRC	SRC	SRC	SRC
Maximum W/C ratio	0·55	0·50	0·55	0·50	0·45	0·45
Minimum cement content: kg/m³	300	330	300	330	370	370
Additional protection of concrete	Not necessary					Necessary
Aggressive agents in which sulphates are not present						
Type of cement†	OC			OC	OC	OC
Maximum W/C ratio	0·55			0·50	0·45	0·45
Minimum cement content: kg/m³	300			330	370	370
Additional protection of concrete	Not necessary					Necessary

* See Table 9.1.

† OC = ordinary cement; SRC = sulphate-resistant cement (as denominated by the standards of the relevant country). Aggregates should have a maximum size of about 30 mm.

Medidas profilácticas contra ataque químico al concreto por aguas y suelos que contienen agentes agresivos.

TABLA No. 6

Degree of attack (see Table 9.3)	Protection mechanism	Protective measure
Weak	Permeability	Maximum 50 mm water penetration (RILEM method)
	W/C	Maximum of 0·6
	Protective coating	
	Type of cement	High sulphate-resistant cement
Moderate	Permeability	Maximum 30 mm water penetration (RILEM method)
	W/C	Maximum of 0·5
	Protective coating	
	Type of cement	High sulphate-resistant cement
Strong	Permeability	Low water penetration
	W/C	Maximum of 0·4
	Protective coating	
	Type of cement	High sulphate-resistant cement
Very strong	—	Not treated

Medidas profilácticas para concreto resistente a los sulfatos.

TABLA No. 7

Testing of aggregate	Protection mechanism if test results negative or suspect	Protective measure
General procedure[27]	Limiting of total alkali	Low alkali cement Portland cement <0·6% equivalent Na_2O
Petrographic description[28]	Type of cement	Blended cements Portland blast-furnace cement >65% slag Pozzolanic cement >30% pozzolan
Chemical test[29] — fast, but limited applicability; not for carbonates	Sufficient fines in concrete mix	Modified concrete mix fines added mix proportion of (reactive) aggregate
Mortar bar test[30] — preferably on actual mix	Increased proportion of reactive material (at safe distance from pessimum)	
Concrete cylinder test[31] or concrete prism test for carbonates or slowly expanding silicates	Limiting of available water	Low W/C ratio Crack sealing and waterproofing to prevent progression of deterioration

Medidas profilácticas para concreto resistente a la reacción álcali - agregado.

ANEXO D

Indice

INDICE

Página

PREFACIO ix

1. EL DISEÑO ESTRUCTURAL 1

1.1 Misión de las estructuras 1

1.2 Responsabilidad del Ingeniero civil 1
1.2.1 Seguridad 1
1.2.2 Durabilidad 3

1.3 La práctica actual 5
1.3.1 Énfasis en la mecánica estructural 5
1.3.2 Formato para el dimensionamiento 6
1.3.3 Factores de incertidumbre ó de seguridad 7
1.3.4 Acciones, solicitaciones ó perturbaciones 9
Cargas y deformaciones impuestas 10
Agresiones 11
Situaciones 12
Respuesta estructural 13
1.3.5 Estados límite 14
Últimos 14
De servicio 15
Especiales 16
1.3.6 Proceso para el dimensionamiento 16

1.4 Vida de las estructuras 17
1.4.1 Vida finita 17
1.4.2 Vida útil o de servicio 17
1.4.3 Vida real 19
1.4.4 Vida de diseño 20

1.5 Deterioro estructural 22
1.5.1 Etapas de la vida estructural 22
1.5.2 Origen y causas 22
1.5.3 Estadísticas 23

1.6 Durabilidad **24**
1.6.1 Durabilidad en la práctica 24
1.6.2 Durabilidad en la investigación 26
1.6.3 Vida y durabilidad, fundamentales en el diseño estructural 27
1.6.4 Enfoque prescriptivo en los códigos actuales 28
1.6.5 Corresponsabilidad del propietario 29
1.6.6 Ley de De Sitter 30

2 LAS FALLAS ESTRUCTURALES **32**

2.1 La ingeniería estructural: ciencia y arte **32**

2.2 Concepto de falla **33**

2.3 Posibilidad finita de falla **34**

2.4 Tipos de fallas **35**
2.4.1 Perspectivas para clasificación 36
Del propietario 36
De las compañías aseguradoras 36
De los cuerpos de rescate 36
De las autoridades 37
De los contratistas y constructores 37
De los ingenieros proyectistas 37

2.5 Causas de las fallas **38**
2.5.1 Causa técnica 38
2.5.2 Causa de procedimiento ó de conducta 38

2.6 El error humano **38**
2.6.1 El error: causa primigenia de las fallas 39
2.6.2 Actitudes para minimizar errores 40
Educación 41
Adiestramiento 41
Esmero 41
Experiencia 41

2.7 Aspectos jurídicos **41**
2.7.1 Disposiciones legales aplicables 42
2.7.2 Obligaciones del profesionista 43
2.7.3 Obligaciones del cliente 45

3 ANALOGÍA CON LA MEDICINA **47**

3.1 Origen. Beneficios **47**

3.2 Gestación. Crecimiento. Vida adulta **48**

3.3 Enfermedades y lesiones **48**

3.4 Tratamientos e intervenciones **49**

3.5 Patología, terapéutica y profilaxis estructural **51**

3.6 Ingeniería forense **51**

4 LA PATOLOGÍA ESTRUCTURAL **53**

4.1 Categorías para su estudio **53**
4.1.1 Defectos 53
4.1.2 Deterioro 54
Mecanismos de transporte 54
4.1.3 Daños 54

4.2 Defectos congénitos **55**
4.2.1 Concepción errónea del comportamiento estructural 56
Torsión en vigas de borde 56
Nudos articulados 56
Situaciones transitorias 57
Cimentaciones someras de lindero 57
Ménsulas 58
Marcos rígidos "especiales" 59
4.2.2 Detallado del acero de refuerzo 59
Cambios de dirección de las barras de refuerzo 60
Congestionamiento excesivo 61
Nudos de esquinas viga-columna 61
Refuerzo de suspensión 62
Ménsulas 63
4.2.3 Desarrollo del proyecto 63
Incumplimiento de la normatividad 63
Documentos constructivos 64
Verificación cruzada 65

4.3 Defectos adquiridos **65**
4.3.1 Materiales 66
Ingredientes del concreto 66
Granulometría 69
Tamaño máximo del agregado 69
Baja resistencia del concreto 69
Acero de refuerzo 70
Deformabilidad del suelo de desplante 70
4.3.2 Procedimientos de obra 71
Cimbrado 71
Colocación del acero de refuerzo 73
Recubrimientos y separación entre barras 73
Colocación del concreto 74
Curado 75
Descimbrado 76
Juntas de construcción 78
4.3.3 Agrietamiento del concreto fresco 79
Contracción plástica 80
Asentamiento plástico 81
Congelación temprana 81
Deformaciones de los moldes 82
Deformaciones de terracerías en losas sobre el suelo 82

4.4 Deterioro del concreto endurecido por procesos físicos **83**
4.4.1 Agrietamiento 83
Contracción térmica temprana 83
Contracción por secado 84
Estrellamiento 85
Ciclos de congelación y deshielo 86
Variaciones estacionales de temperatura 88
4.4.2 Erosión 89
Abrasión 89
Cavitación 89

4.5 Deterioro del concreto endurecido por procesos químicos **90**
4.5.1 *Agrietamiento* 90
Reacciones álcali-agregado 91
Carbonatación del cemento 93
Corrosión del acero 94
4.5.2 Deterioro por ácidos 96
4.5.3 Deterioro por sulfatos 98
4.5.4 Deterioro por álcalis 100
4.5.5 Otros agresivos químicos 101

4.6 Deterioro del concreto endurecido por procesos biológicos **103**
4.6.1 Aguas residuales 103
4.6.2 Abonos naturales 105
4.6.3 Invernaderos 105

4.7 Deterioro superficial del concreto endurecido **106**
4.7.1 Eflorescencia 106
4.7.2 Depósitos de cultivos biológicos 107
4.7.3 Depósitos de polvo por contaminación medio ambiental 107

4.8 Corrosión del acero de refuerzo **108**
4.8.1 Protección del acero embebido en concreto 108
4.8.2 Mecanismos de la corrosión 109
Fuerza generadora de la corrosión 109
Oxidación y reducción 109
Corrosión electroquímica 110
Pasivación y capas protectoras 110
Tipos de corrosión 111
Causas de la corrosión 113
Carácter electroquímico de la corrosión 114
Corrosión por cloruros 116
Mecanismos de penetración de cloruros 117
Mecanismos de ataque de cloruros 118
Niveles de cloruros iniciadores de la corrosión 119
Corrosión por carbonatación 120
Influencia de las grietas 122
Modelo de Tuutti 122
4.8.3 Parámetros importantes 123
Espesor del recubrimiento de concreto 124
Permeabilidad dwl recubrimiento de concreto 124
Contenido del cemento 125
Tipo de cemento 126
Medio ambiente 126
4.8.4 Efectos de la corrosión 127

4.9 Daños ocasionados por acciones mecánicas **128**
4.9.1 Agrietamiento por actuación directa de cargas 128
4.9.2 Agrietamiento por deformaciones impuestas 129

4.10 Daños ocasionados en situaciones extraordinarias 130
4.10.1 *Incendio 130*
Factores que influyen en los daños causados por el fuego 131
Resistencia al fuego 132
Acción del fuego sobre el concreto 134
Acción del fuego sobre el acero 136
Comportamiento del concreto reforzado 136
4.10.2 Explosiones y colisiones 138
Impactos de vehículos 138
Explosiones de gas y acción de explosivos 139
4.10.3 Colapso progresivo 140
Cargas anormales 142
Frecuencia 142
Susceptibilidad en etapa de ejecución 143
Filosofía de diseño 143

4.11 Daños ocasionados por mal uso ó abuso de la estructura 146
4.11.1 Ausencia de inspección y mantenimiento 146
4.11.2 Cambio de uso 147

5 LA PROFILAXIS ESTRUCTURAL 149

5.1 Agresividad medioambiental 149
5.1.1 Humedad 151
5.1.2 Sustancias agresivas 152
5.1.3 Temperatura 152

5.2 Protección del concreto 153
5.2.1 Agresiones y procesos físicos 153
Contracción y asentamiento plásticos 153
Congelación y deshielo 154
5.2.2 Acciones mecánicas 155
5.2.3 Erosión 156
5.2.4 Agresiones y procesos químicos 157
Ataque de sulfatos 157
Reacción álcali-agregado 157
5.2.5 Agresiones biológicas 158

5.3 Protección del acero de refuerzo **158**
5.3.1 Detalles arquitectónicos y estructurales 159
5.3.2 Aberturas máximas de grietas 159
5.3.3 Detallado del acero de refuerzo 160
5.3.4 Recubrimientos y separación entre barras 161
5.3.5 Ingredientes del concreto 164
5.3.6 Control de calidad 165
5.3.7 Otras protecciones 166

5.4 Protección en la etapa de uso **167**
5.4.1 Inspección periódica 167
Clases de inspección 167
Inspección de rutina 167
Inspección de detalle 168
Inspecciones especiales 168
Periodicidad de inspección 169
5.4.2 Mantenimiento 170
Importancia del mantenimiento 170

6 LA TERAPÉUTICA ESTRUCTURAL **172**

6.1 Técnicas **172**
6.1.1 Reparación 172
6.1.2 Reconstrucción parcial 173
6.1.3 Refuerzo 173
6.1.4 Reestructuración 173
6.1.5 Rehabilitación 174

6.2 Estrategias **174**
6.2.1 Evaluación estructural 175
Circunstancias para iniciarla 175
6.2.2 Metodología 176
6.2.3 Plan de rehabilitación 177
Tipo de edificación 177
Tipo de estructuración 178
Restricciones de operación 178
Procedimientos constructivos 178
Materiales 179
6.2.4 Dibujos y especificaciones 182

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 184

8 BIBLIOGRAFÍA SELECTA 194
Referencias citadas 194
Obras consultadas 203

Anexo A: Glosario 214

Anexo B: Figuras 222

Anexo C: Cuadros, gráficas y tablas 281

Anexo D: Indice 319

Resumen autobiográfico 328

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Ernesto Leopoldo Treviño Treviño

Candidato para el Grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural

Tesis: **PATOLOGIA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO**
Reflexiones y Recomendaciones

Campo de Estudio: **Ingeniería Civil**

Biografía:

Nacido en Monterrey, N. L. el 15 de Noviembre de 1944, hijo de Ernesto Treviño Lazo y Amparo Treviño de Treviño.

Educación:

En 1967 obtuvo título de Ingeniero Civil y en 1968 terminó sus estudios de Maestría en Ingeniería Estructural en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Nuevo León. En 1970 realizó estudios de Postgrado en la Universidad de Northwestern en Evanston. Illinois.

Experiencia Profesional:

A partir de 1967 es profesor de planta de diversas asignaturas del área de ingeniería estructural en los programas de Licenciatura y Postgrado en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Nuevo León y profesor visitante en varias ocasiones en la Universidad Regiomontana, Universidad Autónoma de Coahuila e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

A partir de 1967 se desempeña como Ingeniero Consultor en Ingeniería Estructural. De 1973 a 1991, Director General de Bufete Industrial Ingeniería, S.A. A partir de 1991, Jefe del Departamento de Estructuras y Materiales del Instituto de Ingeniería Civil y Coordinador del Programa de Postgrado en Ingeniería Estructural en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Es miembro del Comité Académico del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior y del Comité de Evaluación de Becas Crédito al Extranjero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Recibió en 1995 el Premio correspondiente a la Categoría de Diseño Estructural en el 4° Concurso Anual de Obras CEMEX y en 1997 recibió el reconocimiento al Ingeniero Civil mas destacado en el área de investigación otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles de Nuevo León, correspondiente al período 1996 - 1997.