

HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA

Estado del arte y buenas prácticas

COMPILACIÓN: ING. CIVIL ENRIQUE SGRELLI



HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA

ESTADO DEL ARTE
Y BUENAS PRÁCTICAS

COMPILACIÓN
ING. CIVIL ENRIQUE SGRELLI

CONSEJO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL
CABA - JURISDICCIÓN NACIONAL

HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA

Estado del arte y buenas prácticas

Una publicación del
CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Compilación:

Ing. Civil Enrique Sgrelli

Redacción y Edición de Textos:

Arq. Gustavo Di Costa

Diseño Gráfico:

Graciela Gallo / Lautaro Lupi
www.willayestudio.com.ar

Ilustraciones:

RICA (Ricardo Nuñez)
ricanu@gmail.com
https://creadordeideas.wordpress.com

Impreso en Argentina / Printed in Argentina

Un considerable esfuerzo en tiempo, dedicación y capacidad profesional ha sido aplicado a la redacción de este libro. Cada uno de sus contenidos fue cuidadosamente analizado, desarrollado y explicado. Ahora bien, el lector acepta y comprende que no se ha expresado ni está implícita ninguna garantía de los autores ni del CPIC sobre los resultados de aplicar las consideraciones incluidas en el texto. El lector reconoce explícitamente que asume la responsabilidad de las aplicaciones inspiradas en el contenido de este libro y que debe verificar la realidad y seguridad de las mismas.

Esta publicación ha sido elaborada por el Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC), en el marco de su estrategia de divulgación de temáticas de interés para su matrícula y la sociedad en su conjunto. Las publicaciones producidas por el CPIC pueden ser solicitadas en forma gratuita vía correo electrónico a correo@cpic.org.ar, en su Sede Central de Adolfo Alsina 424, 1º piso, ciudad de Buenos Aires, o telefónicamente, al 011 4334-0086.

La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, requerirá autorización expresa del editor. Queda hecho el depósito que establece la Ley N° 11.723.

Sgrelli, Enrique Alberto

Hormigón sostenible / Enrique Alberto Sgrelli ; compilado por Gustavo Di Costa ; coordinación general de Luis E. Perri. - 1a ed adaptada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Consejo Profesional de Ingeniería Civil, 2017.

256 p. ; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-95422-7-9

I. Ingeniería. 2. Construcción. I. Di Costa, Gustavo, comp. II. Perri, Luis E., coord. III. Título.

CDD 693.5

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi agradecimiento a todos aquellos quienes, directa o indirectamente, contribuyeron para un satisfactorio resultado del presente texto.

En primer lugar, al CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL, institución de jurisdicción nacional que trabaja denodadamente -entre otros aspectos- para brindar nuevas herramientas tendientes a lograr una óptima capacitación y divulgación de los temas que hacen al ejercicio profesional actual de la ingeniería civil, en beneficio de sus matriculados y de la sociedad en su conjunto.

En paralelo, manifestar mi gratitud a todos los representantes de las Instituciones que participaron en la investigación. Sin ellos este libro no habría sido posible. La lucidez y experiencia del grupo redundó en un rico intercambio de conocimientos que elevó -sin dudas- el nivel de este trabajo. A todos ellos muchas gracias.

Finalmente, quiero dejar constancia de mi retribución a los redactores, diseñadores y demás profesionales que aportaron sus capacidades para que este libro luzca como imaginamos. Valoramos su enorme entusiasmo y dedicación para con el proyecto.

Ing. Civil Enrique Sgrelli

Marzo de 2017

ÍNDICE

Prólogo	7
Presentación	9
Introducción.....	11
Conceptos generales sobre sostenibilidad	27
Módulo 1: Explotación y producción de hormigones sostenibles	37
Módulo 2: Proyectar con hormigones sostenibles.....	77
Módulo 3: Construir con hormigones sostenibles	85
Módulo 4: Vida en servicio de los hormigones sostenibles	97
Módulo 5: Demolición y reciclado del hormigón.....	105
Buenas prácticas	117
Conclusiones.....	129
Palabras de cierre	137
Bibliografía y fuentes documentales.....	143
Instituciones participantes.....	144
Autoridades del CPIC.....	149

PRÓLOGO

Durante los años 2014, 2015 y 2016, un grupo de profesionales coordinados por el Ing. Civil Enrique Sgrelli -entonces Prosecretario del Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC)-, llevó a cabo una serie de encuentros con un nutrido grupo de destacados referentes de una serie de instituciones, a fin de intercambiar experiencias sobre un tema -el cual no creo equivocarme- presenta muy pocos antecedentes documentados en nuestro país: el “Hormigón Sostenible”.

Tiempo después, me es grato presentar en mi carácter de actual Presidente del CPIC este texto, fruto de la compilación de los mencionados encuentros.

El propósito de “HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA: Estado del arte y buenas prácticas”, radica en difundir las características de los hormigones producidos, proyectados, construidos y mantenidos con conciencia ambiental.

Desde luego, su estudio y aplicación enriquecerá los aspectos técnicos, económicos, legales y biosociales de una obra de ingeniería civil. Ello enaltecerá la figura del profesional, cuya misión consiste -precisamente- en aplicar su saber y experiencia en diversas tipologías de obras.

La orientación general de la presente publicación permanece fijada en una metodología de trabajo proactiva, poniendo énfasis en lo operativo, a efectos de facilitar la diaria tarea de los especialistas, con el firme objetivo de profesionalizar nuestra industria de la construcción, aportando al desarrollo de las habilidades de los ingenieros civiles y técnicos que nos desempeñamos en ella.

Algunas personas entre quienes comenté el tema de este libro manifestaban su sorpresa sobre la temática. Para el gran público, las posibilidades que brindan

los elementos constructivos con carácter sostenible no resultan tan accesibles.

Atento a lo expresado, deseo referirme a una reflexión del ingeniero Pat Natale, quien ejerció la Dirección Ejecutiva de la American Society of Civil Engineers (ASCE), cuando hizo referencia al “Factor admiración” -o como lo denominan en los EE.UU.-, “The ¡Wow! Factor”.

Esta expresión se refiere a la exclamación que tiene lugar -por parte de la gente- cuando se informa acerca de las maravillas que podemos materializar los ingenieros civiles.

Decía entonces el Director Ejecutivo de la ASCE: “Hay que introducir el Factor ¡Wow! Transformar la imagen de los ingenieros civiles alrededor del mundo, la forma en que la gente nos mira”, expresó.

De esta manera, trabajando día a día sobre las necesidades de la sociedad, obtendremos su reconocimiento y aprecio, siendo valorada en su justa medida la ingeniería civil argentina. Los profesionales nos merecemos pensar en grande, investigar, quebrar las fronteras de lo establecido y superar impedimentos.

Reconocer que, como en el tema de los Hormigones Sostenibles, nuestros conocimientos pueden sumar fuerza, capacidad y sustento para mejorar la vida de las personas y su hábitat.

Esperamos aportar nuestro granito de arena para que este tema encuentre el eco que deseamos y merece entre todos los colegas ingenieros civiles y técnicos.

Ing. Civil Roberto José Policichio

Presidente del Consejo Profesional de Ingeniería Civil

Marzo de 2017

PRESENTACIÓN

UNA OPORTUNIDAD “SOSTENIBLE”

Cuando recorremos obras de ingeniería civil de otros países, o toda vez que nos llega información técnica, miramos esperanzados algunas hazañas constructivas con la nostalgia de poder lograr ese alto grado de desarrollo, capacidad de producción, precisión y ajuste, aunque casi simultáneamente, nos planteamos una pregunta: ¿Será posible actualmente en la Argentina desarrollar los pasos necesarios para lograr un mayor grado de sostenibilidad en la construcción de nuestros edificios?

Si la respuesta fuese afirmativa: ¿Qué aspectos deberíamos garantizar a nivel institucional, empresario, profesional e individual para lograrlo?, conscientes que la sostenibilidad no constituye un fin en sí misma, sino un método capaz de optimizar los recursos y mejorar el rendimiento final de una obra.

Como toda actividad económico-productiva de un país, la construcción aglutina una múltiple variedad de factores que se relacionan, en forma más estrecha o lejana, a los diversos sectores comprometidos en la misma. Es así que la construcción -la “industria madre”- no escapa a la regla general comprendiendo su desarrollo la evolución de varios sectores ligados a la investigación, profesionales independientes, Estado, instituciones, empresas proveedoras, etc.

Entender que el estudio de la sostenibilidad no tiene futuro, sino presente, es la clave de nuestro éxito como ingenieros civiles solidariamente comprometidos con la sociedad.

Si visualizamos que las nuevas formas de construir nos brindan recursos capaces de solucionar satisfactoriamente nuestros edificios, en los plazos y costos previstos, con un mínimo esfuerzo, instalaremos una ley humana que nos rige a todos.

Los sistemas constructivos sostenibles se han transformado en una imperiosa necesidad, un proceso que debe y merece ser atendido, analizado y desarrollado con suma prudencia, para alcanzar las más nobles y positivas metas. Por si resultara necesario vislumbrar un próspero mediano y largo plazo de los mencionados sistemas, basta formular el siguiente razonamiento: Según todos los pronósticos la población, en la mayoría de los países del mundo, seguirá en aumento, sin olvidar que dicho incremento es inversamente proporcional a su grado de desarrollo.

El uso de productos altamente sostenibles significará concretar una verdadera revolución dentro de los sistemas constructivos. Se presentarán diferentes y nuevos problemas, pero también, esperanzadoras soluciones.

El impulso fundamental a la sostenibilidad de la construcción está llegando de la mano de dos cambios sustanciales.

El primero, es el incremento del valor tecnológico de los espacios habitados; el segundo, la carga -cada vez mayor- de tecnologías de comunicación y confort que han producido un desplazamiento del valor de la construcción. La marcada evolución de la industria hacia proyectos con mayor sofisticación tecnológica, ha modificado hasta las mentalidades más conservadoras hacia una realidad -a todas luces- incontrastable.

La aparición masiva de diversas propuestas de materialización de obras vive hoy un gran impulso en todo el mundo, debido entre otros aspectos, a la gran necesidad de construir obras en forma numerosa, económicamente accesible y con bajo impacto en el ambiente, necesidades originadas en las migraciones, la creación de nuevos centros urbanos y la explosión demográfica.

La técnica del "construir", concreta aspectos de un todo de la concepción creadora. Sirve a fines útiles, nobles y sociales. Expresa el progreso y traduce el sentir de una época.

El profesional de la ingeniería civil decodifica sus creaciones, proyectos e ideas, en realizaciones, en el "construir material", en "la obra", en "la sistematización de procesos". Estos conceptos son empleados como sinónimos y expresan la función de "hacedor", de "constructor", que dicho profesional -preponderantemente- debe brindar a la expresión de sus ideas al materializarlas.

De esta manera, se presenta como un creador que realiza y ejecuta mediante la aplicación de la técnica. Debe asimismo, considerar sus realizaciones en el marco de las necesidades o servicios económicos que debe sustentar la obra, a los efectos de que resulte posible, útil o retributiva a la sociedad.

El ingeniero civil con sus construcciones asegura - en primer término- resguardar al hombre y preservar su vida y salud física y psíquica. La evolución de la forma de cubrir dicha necesidad primaria marca épocas del desarrollo histórico y de la evolución del conocimiento humano.

En la actualidad, la técnica abreva en la sostenibilidad como una irreductible demanda del siglo XXI.

En este contexto, importa analizar uno de los insumos capitales dentro de la producción de obras de ingeniería civil: El hormigón. Ese notable material debe en nuestro país comenzar a saldar una cuenta pendiente con la sostenibilidad de sus procesos y resultados finales.

Ejemplos desde la historia abundan. Vale citar una de las primeras referencias al respecto. La casa "Domino" constituyó un original proyecto de industrialización sostenible utilizando hormigón como materia prima. Esta magistral obra, llevada adelante por el ingenio racionalista de Le Corbusier, conformaba un proyecto de fabricación de casas en serie que permitía realizar, en pocas semanas, una

estructura de hormigón con óptimos rendimientos, no sólo por la economía de recursos puestos en juego, sino también, por la óptima durabilidad que pretendía alcanzar y el bajo impacto ambiental que generaba en su entorno.

Le Corbusier y todo el Movimiento Moderno, formalizó una potente contribución a la actualización de las tecnologías constructivas, para acercarlas a la nueva realidad que experimentaba el hombre moderno.

El hormigón, ese pétreo artificial, se presentaba como una prometedora oportunidad.

Promediando la segunda década del nuevo siglo, la ingeniería civil argentina debería encontrar en el "Hormigón Sostenible" una nueva promesa a cumplir.

El desarrollo de estas innovaciones ha llevado a un gran avance en cuanto a la sostenibilidad de los sistemas constructivos y a la incorporación de originales técnicas dentro de la edificación convencional. La tendencia en la aplicación de dichas técnicas, en diferentes tipos de proyectos, resulta creciente en el mundo, lo cual repercute en una notable mejora de la calidad y versatilidad de las obras obtenidas.

Fervientemente, deseamos que este aporte contribuya a generar una toma de conciencia sobre los procesos de producción, proyecto, construcción y mantenimiento sostenible del hormigón en nuestro país.

De hecho, todas las instituciones que generosamente -a través de sus representantes- brindaron su tiempo y capacidades, fundamentan el mencionado deseo.

Nos resta entonces poner "manos en las obras".

Ing. Civil Luis E. Perri

Presidente Honorario del Consejo Profesional de Ingeniería Civil

Marzo de 2017



Introducción

INTRODUCCIÓN:

El círculo virtuoso del Hormigón Sostenible

El presente libro intenta conformar una reflexión orientada a la reducción del impacto ambiental en las estructuras de hormigón, considerando su ciclo de vida integral. El alcance del mismo radica en proporcionar a los usuarios, diseñadores y productores de hormigón, las herramientas necesarias para considerar medidas sostenibles en cada etapa de su producción y empleo.

No existe una única correcta solución para diseñar y construir una estructura de hormigón sostenible. Por lo tanto, este libro ofrece varias herramientas factibles de aplicación en nuestro actual contexto productivo.

La aplicabilidad de cada una de las herramientas explicitadas dependerá, en gran medida, de las condiciones locales verificadas en la geografía específica de nuestro país.

Resulta importante crear consciencia dentro de la cadena de valor de nuestra industria, respecto de la implementación de una visión integral acerca de la manera en la cual las estructuras de hormigón -y su producción- afectan el medio ambiente durante su ciclo de vida.

Sin embargo, es justo reconocer que los diseñadores y constructores de estructuras de hormigón no siempre administran y gestionan el control de todas las fases del ciclo completo, recayendo algunas de las mismas en los usuarios de las obras. Sobre ellos será imprescindible operar en una segunda etapa -o en forma paralela- a la implementación de las acciones preven-

tivas y correctivas ejecutadas en las estructuras de hormigón sostenibles.

El rendimiento energético de un edificio depende -en gran medida- del comportamiento del usuario. En Dinamarca, por mencionar un caso, la eficiencia energética de las viviendas resultaba ser específica para cumplir con un criterio de consumo máximo de 10 litros de combustible por m² para el acondicionamiento térmico de la unidad, hacia la década de 1980. En el año 2008, ese criterio se redujo a la mitad, y se espera que sea acotado otra vez a la mitad para el año 2018. Por lo tanto, una casa que fue construida hace 30 años, según principios de diseño y el “Estado del Arte” imperante en ese momento, resulta hoy ser irremediablemente anticuada, dadas las normas de rendimiento energético impuestas en el nuevo siglo. Por supuesto, estas obras demandan significativos trabajos de renovación.

A pesar de que el proceso de diseño de una estructura de hormigón sostenible se somete a la constante evolución de los conocimientos, normas, reglamentos y nuevas tecnologías, debe ser adoptada una voluntad común para llevar a cabo una significativa mejora en función de los actuales métodos de producción, diseño, construcción y mantenimiento de las obras que emplean hormigón.

En algunas regiones del mundo, un pequeño cambio en la manera de pensar y materializar las construcciones aplicando hormigones (Por ejemplo, en la optimización de la mezcla en relación con el contenido de cemento), puede resultar en la sustancial reducción de las emisiones de CO₂ a un nivel de inversión de menor importancia, mientras que las metodologías más complejas (por ejemplo, la masa estructural y térmica general), pueden aplicarse en regiones con climas más severos.

De esta forma, la intención del texto busca reflexionar y documentar a los diseñadores que crean estructuras de hormigón, proporcionándoles sugerencias prácticas y recomendaciones que se pueden aplicar total o parcialmente, en función de las limitaciones regionales.

Una vez más, validamos la necesidad de una planificación integral de la fase de materialización de las obras, en sus aspectos legales, económicos, técnicos y biosociales, buscando prevenir, por ejemplo, que luego de iniciado el proceso constructivo, la introducción de una alternativa sostenible pueda verse obstaculizada por barreras económicas.

DEFINIENDO UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN SOSTENIBLE

El denominado “Desarrollo sostenible” se define como “la gestión planificada de un recurso natural -o de un ecosistema particular- para prevenir su explotación, contaminación, destrucción o abandono-, garantizando el futuro uso de los citados recursos ambientales.

El desarrollo sostenible se ha definido como “aquel capaz de cumplir con las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus demandas”.

De esta forma fue enunciada en el “Informe Brundtland”, Comisión mundial creada en el año 1987 para el desarrollo del medio ambiente, presidida por la ex primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland.

*El concepto “Desarrollo Sustentable”
fue definido en el año 1987
por Gro Harlem Bruntland como:*

*“Aquel que satisface las
necesidades de las generaciones
presentes, sin comprometer la
capacidad de las generaciones
futuras para satisfacer sus
propias necesidades”*

El uso de los recursos renovables no debe exceder su tasa de regeneración, al tiempo que las emisiones no superarán la capacidad de absorción que presenta el medio ambiente. El uso de la tierra debe ser minimizado y cuidadosamente planeado.

Consideradas las anteriores definiciones, podemos ahora sí -específicamente- puntualizar que:

"Una estructura de hormigón ambientalmente sostenible conforma un esquema materializado de forma tal que su impacto ambiental total durante su ciclo de vida, incluyendo el uso de la estructura, se reduce al mínimo indispensable.

Ello significa que la estructura debe ser diseñada y producida a medida para el uso destinado, es decir, a la vida útil especificada, condiciones de cargas admisibles, estrategia de mantenimiento, necesidades de calefacción y refrigeración, etc.

Esto se logra mediante la utilización de las beneficiosas propiedades las cuales, en relación con el medio ambiente, resultan inherentes al hormigón. Por ejemplo, su resistencia, durabilidad y capacidad térmica. Por otra parte, los componentes del hormigón deben extraerse y manu-

facturarse de una manera respetuosa con el medio ambiente".

Dado lo analizado, una estructura de hormigón puede validarse como "sostenible" toda vez que cumple con las cuestiones antes mencionadas, las cuales deben incluirse en cada una de las fases generales de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Una estructura de hormigón debe ser diseñada y producida para que cumpla con las expectativas del usuario final, introduciendo las problemáticas ambientales en su concepción y desarrollo.

FASES DEL CICLO DE VIDA DE UN HORMIGÓN SOSTENIBLE

Dentro de la cadena de valor de la industria de la construcción se deben cumplimentar una serie de etapas, las cuales sirven para orientar una suma de aspectos que permitirán cumplimentar las definiciones de hormigón sostenible antes explicitadas. Dentro de ese verdadero "circulo virtuoso", se suceden las fases del ciclo de vida, las cuales se ilustran a continuación.

El ciclo edilicio



Dado que la vida útil de una estructura de hormigón oscila -en promedio- entre los 80 y 100 años, resulta evidente que una gran cantidad de personas van a interactuar con la misma durante las distintas Fases de su ciclo de vida.

A efectos de estudiar las problemáticas que cada una de esas Fases deparan, y exclusivamente con carácter introductorio, vamos a desarrollar las representadas en la Figura.

Factibilidad: En esta Fase se llevan a cabo los estudios atinentes a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo un determinado proyecto. El estudio de factibilidad para una obra implica una tarea la cual debe analizar una serie de posibilidades. Una de ellas, además del lugar físico del emplazamiento de la obra (punto que reúne una serie de condicionantes de temperatura, posibilidades de sismos, etcétera); tiene que ver con el análisis de la materialidad estructural. Ya aquí se vislumbra la aplicación de un tipo de hormigón con características sostenibles. Dicho estudio consume -aproximadamente- entre un 8% y 10% del costo estimado total del rubro dentro del proyecto.

Planificación: Dentro de la estimación y disposición de los recursos de producción se estudiará en la Fase de Planificación, la suma de tareas (y tiempos en la Programación) necesarios de estimar para la realización de una estructura de hormigón sostenible. Cobran en esta Fase vital importancia ciertas variables de gran peso, como por ejemplo, el transporte, la oferta del material en las condiciones ambientales deseadas, la capacidad productiva de las empresas constructoras en una ubicación geográfica específica, entre otras.

Diseño: Una Fase esencial de nuestro “circulo virtuoso”. De esa etapa, de su óptima calidad y prestación, dependerán los sucesivos eslabones-fases. Desde el anteproyecto hasta el proyecto ejecutivo, la sumatoria de documentaciones -tanto gráficas como escritas- deben considerar especialmente la aplicación de un hormigón sostenible. Dicho diseño deberá desarrollarse en forma interdisciplinaria, valiéndonos de la cooperación del propietario del edificio y la sumatoria de sus ase-

sores. De esta manera, el diseño no solo cumplirá con las especificaciones, normas y leyes vigentes, sino también, con su responsabilidad socioambiental.

Insumos: En esta fase se hacen presentes los proveedores de los materiales. Para la Industria, la sostenibilidad deberá resultar un aspecto prioritario. Cierto es que en las últimas décadas, se ha fortalecido en la sociedad la consciencia sobre la necesidad de cuidar el ambiente, traduciéndose en políticas empresariales, las cuales basadas en la tecnología moderna, mejoran las etapas de producción, utilizando más eficientemente la energía, sustituyendo gradualmente los combustibles no renovables por los alternativos, acotando al mismo tiempo, las materias primas naturales y sumando residuos generados en otros procesos industriales, que de esta manera, no son depositados en rellenos sanitarios.

Construcción: Dicha Fase se rige principalmente por los proveedores de insumos y las empresas constructoras. Las especificaciones de diseño actúan aquí como requisitos mínimos. En ocasiones, el contratista anula el diseño de una solución alternativa puesto que implica un mayor trabajo (incumpliendo con las correspondientes especificaciones técnicas generales y particulares). Durante esta fase, la condición de obra ejecutada “in situ” puede influir en el impacto medioambiental de la estructura de hormigón sostenible.

Suministro de energía: Se incluye dentro del ciclo de generación la Fase energética. Un hormigón es sostenible no solo cuando considera ahorros de energía para el acondicionamiento de la envolvente del edificio del cual forma parte, sino también, en las Fases de Insumo y Construcción. Cabe entonces reflexionar en relación con los beneficios que este tipo de hormigones suponen en la matriz energética de nuestras obras y su contexto inmediato.

Uso del edificio: La presente Fase aglutina a una serie de actores, tales como Inmobiliarias, Inquilinos, Residentes, Propietarios, Administradores, entre muchos otros. Durante la vida útil de la estructura, el propietario del edificio y el usuario final resultan

responsables de su operación y mantenimiento. Si el diseño inicial ha tenido éxito, la construcción funcionará durante décadas sin necesidad de llevar a cabo grandes reparaciones y modificaciones. Por ello, un adecuado Mantenimiento -especialmente luego de los primeros 30 años de vida de la estructura- garantiza soluciones duraderas de aceptable monto económico, dada su prestación. Un razonable mantenimiento siempre se sustenta en una adecuada elección de materiales y detalles de diseño -en la etapa de proyecto- más una correcta ejecución en la Fase constructiva.

Aportes al Estado del Arte: En esta fase se analizan y documentan los datos e informaciones acerca del desempeño ambiental y energético para una futura generación edilicia. En ocasiones, las Fases asociadas son la Demolición y Reutilización o Reciclaje. Luego del final de la vida útil de la estructura se analizará su capacidad de reciclado en función de las patologías verificadas. Estos datos validarán posibles avances en el denominado “Estado del Arte”, al tiempo que permitirán cuantificar la aplicabilidad de los componentes estructurales para disponerlos -en todo o parte- en nuevas edificaciones.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON HORMIGONES SOSTENIBLES

El diseño y la construcción de edificios sostenibles implican formalizar un sensible equilibrio de las consideraciones sociales, ambientales, legales, técnicas y económicas. Analicemos cada uno de los mencionados aspectos en particular.

Beneficios Socioambientales: Los edificios deben proporcionar un ambiente interior seguro, saludable y confortable. Serán concebidos de tal manera que en la totalidad de su vida útil el empleo de energía y las emisiones asociadas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), alcancen un bajo impacto ambiental. Dichas consideraciones incluyen:

- Integridad estructural.
- Protección contra la intemperie.

- Resistencia al fuego.
- Condiciones de Habitabilidad (Protección térmica, acústica, hidrófuga y óptica).

Beneficios Económicos: Los edificios deben ser duraderos y de bajo mantenimiento, reutilizables y acotados en su demanda de energía, tanto durante la construcción del edificio como en las correspondientes fases de operación. Estas consideraciones incluyen:

- Costos de construcción.
- Programas de construcción.
- Superficie alquilable neta.
- Total de la vida útil en términos de rentabilidad.
- Reutilización del edificio.

Beneficios Legales: Los edificios deben cumplimentar las reglamentaciones, normas y leyes vigentes dentro del contexto en el cual fueron creados (proyecto y construcción). Sin embargo, la pericia del equipo de diseño logrará mantener una vigencia legal del edificio durante su vida útil, estimada entre 60 y 80 años. Estas consideraciones incluyen:

- Aspectos legales vigentes.
- Alcances normativos y técnicos.
- Posibilidades legales del reciclaje

Beneficios Técnicos: Los edificios representan el Estado del Arte técnico y las posibilidades tecnológicas de su tiempo. Los avances en materia de construcción de las obras será motivo de una profunda reflexión ya desde el proceso de diseño.

El Hormigón Sostenible aporta ciertas condiciones tecnológicas que brindan beneficiosas respuestas al respecto. Dichas consideraciones incluyen:

- Organización de la infraestructura de producción.
- Análisis de los recursos de producción.
- Organización de los puestos de trabajo.
- Capacitación de la mano de obra.
- Especificidad de la documentación técnica.



GENERALIDADES DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

El Hormigón, en sus múltiples formas, constituye un material de construcción sumamente versátil, el cual puede proporcionar una importante suma de beneficios sostenibles en virtud de su economía, masa térmica, durabilidad, resistencia al fuego, rendimiento acústico, adaptabilidad y capacidad de reciclaje.

Seleccionar un Hormigón Sostenible para un tipo particular de construcción asegurará contar con los mencionados beneficios.

El Hormigón no se quema y no emite humos tóxicos cuando se somete al fuego. Tampoco gotea partículas fundidas. Por esas razones, en la mayoría de las aplicaciones, el hormigón puede ser descripto como "a prueba de fuego".

En general, los Hormigones requieren una limitada protección contra el fuego si se diseñan adecuadamente, a causa de su resistencia inherente. Sujeto a condiciones adecuadas, un muro de hormigón de 120 mm de espesor puede proporcionar dos horas de resistencia al fuego.

Del mismo modo, losas de hormigón, vigas y colum-

nas también pueden ser diseñadas para cumplir adecuadamente con las exigencias de resistencia al fuego de las normativas más exigentes. La misma conforma una potente ventaja para el empleo del hormigón en los edificios.

La resistencia al fuego del hormigón puede restringir la propagación de humo, y mantener la resistencia del edificio durante un incendio. Luego del mismo se garantiza la continua integridad estructural y la reducción de daños por humo.

Ante los correspondientes estudios de verificación, la estructura puede ser reutilizada, en lugar de ser consumida por el fuego o demandar su demolición para eliminar aquellos elementos fundidos.

De esta forma, las estructuras de hormigón protegen tanto la vida como preservan la propiedad, puntos que contribuyen a un mejor rendimiento económico y social del entorno construido.

En relación con su rendimiento acústico, el excesivo ruido genera un efecto adverso sobre la salud y el bienestar, la capacidad para realizar tareas y la productividad en general. La pérdida de audición debido a la exposición prolongada al ruido se encuentra debidamente documentada en una amplia bibliografía.

La cuestión del aislamiento y rendimiento acústico de los hogares y oficinas ha crecido en importancia, debido en parte, a la pertinente demanda de las autoridades para aumentar la densidad del desarrollo urbano.

En general, el incremento de la masa de un cerramiento vertical y horizontal mejora el aislamiento acústico de una habitación; por lo tanto, el hormigón ofrece una buena barrera para el ruido aéreo. La transmisión de sonido por impacto puede ser controlada con mantos aislantes adecuados.

La masa inherente de hormigón puede minimizar la necesidad de elementos adicionales para cumplir con los requisitos acústicos, con muros de hormigón se proporciona una amortiguación eficaz entre:

- El ruido exterior y el ambiente interior.
- El ruido del tránsito vehicular en aquellas zonas residenciales, a través de una barrera de sonido.
- Edificios contiguos u otros espacios, a través de una pared de separación.

El diseño estructural y construcción de elementos de hormigón (incluyendo el colado “in situ” del hormigón armado, hormigón prefabricado, elementos de hormigón postesado) es bien entendido por los ingenieros civiles, constructores, gestores de proyectos y disciplinas afines.

Ello conduce a estructuras seguras, capaces de resistir en forma permanente diferentes acciones de carga (Viento, terremotos, nieve).

Por otra parte, un hormigón de alta calidad, debidamente compactado y curado, efectivamente detallado, contribuye eficazmente para que la envolvente del edificio resista óptimamente los efectos de la intemperie.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES

La importancia de evaluar el desempeño ambiental de un edificio basado en el ciclo de vida ya descrito, debe destacarse. La mayor parte del consumo de energía y

la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se producen durante la fase de explotación de los edificios, y es muy superior a la liberación de GEI y la energía utilizada en la Fase de Construcción.

Recientes estudios llevados a cabo en los EE.UU. compararon el impacto ambiental de la construcción de un steel frame y un edificio con estructura de hormigón. Llegaron a la conclusión de que había poca diferencia en la energía incorporada entre las dos formas de construcción.

Un verdadero indicador de la sostenibilidad de los materiales y la construcción de edificios sólo puede lograrse mediante la consideración, tanto de la Fase de Construcción como de la Fase Operativa del edificio, a lo largo de toda su vida útil.

Un análisis completo del Ciclo de Vida examina el impacto ambiental de un sistema a lo largo de toda su existencia, es decir, desde el momento en que los recursos se eliminan del suelo hasta el instante donde se recuperan al final de la vida del sistema.

Estudios de casos indican que la energía utilizada para producir los materiales de construcción (energía incorporada) es generalmente inferior al 10% de la demanda energética operativa (incluyendo la necesaria para alimentar los sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación) que utilizan durante una vida útil de cincuenta años.

Es la energía operativa la cual contribuye a la mayor parte del consumo total durante todo el ciclo de vida del edificio.

El impacto ambiental de las fases operativas se ven incrementados, proporcionalmente, a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Nuevos estudios de casos llevados a cabo en inmuebles con destinos comerciales e industriales destacan el hecho de que la mayoría de la energía se utiliza durante la fase de explotación del edificio, arribando a valores cercanos al 15%.

Sabemos que la masa térmica conforma la capacidad de un cuerpo para almacenar calor. Junto con una eficaz ventilación, protección solar y orientación del edificio, el uso de la masa térmica asegura un componente crítico en el diseño solar pasivo de los edificios.

Las obras diseñadas con un nivel medio o alto de masa térmica se caracterizan por su capacidad inherente para almacenar energía térmica y, a continuación, conducirla convenientemente. La masa térmica puede formalizar una bienvenida y significativa contribución en la reducción del consumo de energía y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, manteniendo al mismo tiempo, el confort higrotérmico.

Las grandes urbes registran un incremento en su temperatura en relación con las zonas menos urbanizadas que las rodean. Como estos centros aumentan de tamaño, las temperaturas ambientales se incrementan en consecuencia.

En los días calurosos de verano, las condiciones ambientales en las zonas urbanas registran entre 4 y 6 °C más que las zonas adyacentes con menor densidad poblacional. Este fenómeno se conoce como "Efecto de isla de calor urbano"; resultando independiente del calentamiento global causado por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Además de la problemática derivada dada la demanda adicional de energía para abastecer los sistemas de refrigeración artificial, las islas de calor urbanas pueden influir en los patrones de lluvia, registrando un incremento de las precipitaciones.

La incorporación de elementos de hormigón en las superficies expuestas puede reducir, significativamente, el efecto de isla de calor.

EL FUTURO DEL HORMIGÓN SOSTENIBLE

Los fabricantes de cemento de todo el mundo han dado grandes pasos hacia el logro de una equilibrada sostenibilidad en sus procesos productivos.

Mientras que muchos países industrializados se esfuerzan por mejorar su desempeño ambiental y social, otros países inician su camino para obtener resultados sustentables en el tiempo.

La India es un ejemplo de un país que lucha con significativa fuerza tratando de asumir los retos del desarrollo. Sin embargo, allí la industria del cemento es altamente eficiente y marcada por diversas características sostenibles.

Otros países en desarrollo deben aprender las lecciones de los países industrializados y mirar a la India como modelo.

Estos esfuerzos deben incluir investigaciones acerca de cómo mejorar los procesos de fabricación y cómo desarrollar los edificios para optimizar sus demandas de energía.

El mundo también necesita aprender más sobre el uso eficaz del cemento como materia prima de ese notable material constructivo, por nobleza y durabilidad: El Hormigón. De esta forma, obtendrá estructuras más resistentes, duraderas y energéticamente eficientes.

Como mencionamos, tal vez el problema ambiental más importante que enfrenta el mundo actual radica en la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera y la amenaza asociada del Cambio climático.

Las industrias del cemento y el hormigón asumen un papel clave en dicha problemática, pero quizás, en caras opuestas de la moneda. La fabricación de cemento constituye una fuente importante de CO₂, emisiones de GEI, siendo el mismo el principal motivo de preocupación.

Sin embargo, un Hormigón Sostenible puede ser capaz de reducir el consumo de energía y por lo tanto, sus emisiones de GEI a lo largo de su vida útil, e incluso, puede absorber el dióxido de carbono directamente en el producto.

La fabricación de cemento representa, aproximadamente, el 5% del efecto invernadero antropogénico mundial. La fabricación de cemento emite CO₂ de dos maneras. Mediante la calcinación, toda vez que dichas emisiones son el resultado de la conversión del carbonato de calcio (CaCO₃) al óxido de calcio (CaO), ingrediente esencial del cemento.

Un simple balance de masa revela que dicha transformación libera una molécula de CO₂.

El proceso de calcinación requiere una temperatura de llama que alcanza los 2.000 °C, la temperatura de los gases ronda los 1.600 °C y los de mezcla cruda en proceso de clinkerización registran unos 1.400 a 1.500 °C.

En Argentina, para la fabricación del Clinker Portland, el combustible más utilizado es el gas natural (más del 50% en la matriz de combustible del horno). El coque de petróleo (carbón) se emplea en una menor proporción, del orden del 30%.

Cabe consignar que a lo largo de las últimas dos décadas, la industria cementera argentina ha implementado acciones de coprocesamiento, las cuales conllevan a un progresivo reemplazo de los combustibles tradicionales fósiles por otros alternativos, los cuales corresponden mayormente a residuos de distintas industrias.

Según datos de la Federación Iberoamericana del Cemento (FICEM), durante el año 2014, el factor de emisiones brutas promedio de CO₂ a nivel mundial fue de 633 kg CO₂/t de cemento.

En Argentina, según datos preliminares de un estudio en proceso de finalización sobre el ejercicio 2014, el factor de emisión ronda los 640 kg CO₂/t de cemento. Se encuentra disponible abundante información que demuestra cómo la industria cementera internacional y argentina ha reducido sus emisiones. Tendencia que permanece continua.

En el período 1990-2014, la industria en Latinoamérica redujo las emisiones de GEIs en un 19,8%. En Europa, esa reducción ha sido cercana al 18%.

Vale destacar que en nuestro país no existe en operación ningún horno de clinkerización en vía húmeda. Todos los hornos son de vía seca. En el mundo, se estima que menos del 10% de los hornos operativos son de tipo vía húmeda.

Ello demuestra con claridad el avance en temas de eficiencia energética para la producción de Clinker.

Existen otras alternativas adicionales las cuales permiten reducir la huella de carbono de las construcciones. Por ejemplo, disponer hormigones de mayor clase resistente, consumiendo un menor volumen de hormigón para una determinada sollicitación en la estructura (la huella de carbono “unitaria” puede ser mayor, pero globalmente, resulta menor al demandar mucho menos hormigón); emplear materiales cementíceos de mayor categoría resistente, reduciendo el contenido de cemento total en el hormigón, etc.

Como apreciamos, la industria del cemento se esfuerza para reducir sus emisiones de CO₂ de varias maneras. Una de ellas es mediante la maximización de la eficiencia de la fabricación. Modernos hornos introducen una mezcla de materias primas secas a precalcinadores que utilizan el calor residual para acortar el tiempo de procesamiento y minimizar drásticamente la combustión necesaria.

Las plantas de cemento pueden también reducir el consumo de electricidad, una importante fuente de emisiones de GEI indirecto, resultante de la combustión de productos fósiles en la central que proporciona la energía eléctrica.

La reducción de las emisiones de calcinación constituye un aspecto más complejo, ya que son inherentes a la creación de óxido de calcio. Una forma de hacerlo es trabajar con cemento dotado de una menor proporción de clinker, el producto intermediario que resulta del proceso de calcinación en el horno.

Las normas de productos permiten cierta disminución del contenido de clinker en el cemento Portland, pero existen límites para dicha solución.

La separación del dióxido de carbono del flujo de residuos del horno es otra posibilidad, aunque se encuentra limitada por la disponibilidad y el costo de las tecnologías de separación, tales como el empleo de soluciones aminas, operatoria que demanda mucha energía, lo cual podría contrarrestar algunos o todos los beneficios buscados.

Estas tecnologías también requieren una solución sobre cómo desechar el CO₂ resultante, sin correr el riesgo de su liberación final en la atmósfera.

Nuevas tecnologías podrían ser capaces de “secuestrar” el CO₂ de forma permanente, junto con otros contaminantes. En este caso, la resultante de los productos minerales podría servir como un material agregado de cemento o en el hormigón. Si esto se comprueba, las citadas tecnologías podrían permitir a los fabricantes de cemento capturar sus emisiones y producir cemento de carbono neutral, adoptando en sus flujos de distribución a los productos agregados.

El Hormigón, representa la otra cara de la moneda del cambio climático. Como se describió anteriormente, puede formar parte de edificios y pavimentos de alta eficiencia energética.

El cemento constituye de un 10% a 12% del hormigón, con la mayor parte compuesta de arena y grava (agregado fino y grueso) más agua. Ello reduce la huella de carbono en un orden de magnitud en comparación con el propio cemento.

Obviamente, cualquier reducción lograda en la huella de carbono del cemento también acotará la obtenida en el hormigón. Por ende, la industria del hormigón también tiene la opción de emplear una proporción de cemento más baja, reemplazándolo con materiales complementarios al cemento, como cenizas volantes y escoria de acero.

Debido a la mayor masa térmica del hormigón, los edificios que emplean ese material proporcionan aislamientos naturales que posibilitan ahorrar energía asociada a las demandas de calefacción y refrigeración.

Dependiendo de su ubicación geográfica, los edificios de hormigón utilizan un 44% menos de energía para calentar y 32% menos de energía para enfriar las piezas y componentes contruidos con otros materiales.

DESARROLLO SUSTENTABLE

Estimamos pertinente reproducir, a continuación, los puntos 11, 12, 13, 15 y 17 de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la Organización Naciones Unidas (ONU), los cuales la Argentina suscribe. Los mismos, entendemos, presentan una relación directa con las características sostenibles de la industria del hormigón.

“Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Las ciudades son hervideros de ideas, comercio, cultura, ciencia, productividad, desarrollo social y mucho más. En el mejor de los casos, las ciudades han permitido a las personas progresar social y económicamente. Ahora bien, son muchos los problemas que existen para mantener ciudades de manera que se sigan creando empleos y prosperidad sin ejercer presión sobre la tierra y los recursos. Los problemas comunes de las ciudades son la congestión, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura.

Los problemas que enfrentan las ciudades se pueden vencer de manera que les permita seguir prosperando y creciendo, y al mismo tiempo aprovechar mejor los recursos y reducir la contaminación y la pobreza. El futuro que queremos incluye a ciudades de oportunidades, con acceso a servicios básicos, energía, vivienda, transporte y más facilidades para todos”.

“Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El consumo y la producción sostenibles consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la matriz energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el

acceso a los servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza.

El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos, incrementando las ganancias netas de bienestar de las actividades económicas mediante la reducción de la utilización de los recursos, la degradación y la contaminación durante todo el ciclo de vida, logrando al mismo tiempo, una mejor calidad de vida. En ese proceso participan distintos interesados, entre ellos empresas, consumidores, encargados de la formulación de políticas, investigadores, científicos, minoristas, medios de comunicación y organismos de cooperación para el desarrollo.

También es necesario adoptar un enfoque sistémico y lograr la cooperación entre los participantes de la cadena de suministro, desde el productor hasta el consumidor final. Consiste en involucrar a los consumidores mediante la sensibilización y la educación sobre el consumo y los modos de vida sostenibles, facilitándoles información adecuada a través de normas y etiquetas, y participando en la contratación pública sostenible, entre otros”.

“Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes. Presenta un impacto negativo en la economía nacional y en la vida de las personas, de las comunidades y de los países. En un futuro las consecuencias serán todavía peores.

Las personas viven en su propia piel las consecuencias del cambio climático, que incluyen alteraciones en los patrones climáticos, el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos más extremos. Las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por las actividades humanas hacen que la amenaza aumente.

De hecho, las emisiones nunca habían sido tan altas. Si no actuamos, la temperatura media de la superficie del mundo podría aumentar unos 3 grados centígrados este siglo y en algunas zonas del planeta podría ser todavía peor. Las personas más pobres y vulnerables serán los más perjudicados.

Tenemos a nuestro alcance soluciones viables para que los países puedan tener una actividad económica más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

El cambio de actitudes se acelera a medida que más personas están recurriendo a la energía renovable y a otras soluciones para reducir las emisiones. Pero el cambio climático es un reto global que no respeta las fronteras nacionales. Las emisiones en un punto del planeta afectan a otros lugares lejanos.

Es un problema que requiere que la comunidad internacional trabaje de forma coordinada y precisa de la cooperación internacional para que los países en desarrollo avancen hacia una economía baja en carbono”.

“Objetivo 15: Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica.

El 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques y estos, además de proporcionar seguridad alimentaria y refugio, son fundamentales para combatir el cambio climático, pues protegen la diversidad biológica y las viviendas de la población indígena. Cada año, desaparecen 13 millones de hectáreas de bosque y la degradación persistente de las zonas áridas ha provocado la desertificación de 3.600 millones de hectáreas.

La deforestación y desertificación -provocadas por las actividades humanas y el cambio climático- suponen grandes retos para el desarrollo sostenible y han afectado a las vidas y los medios de vida de millones de personas en la lucha contra la pobreza. Se están poniendo en marcha medidas destinadas a la gestión forestal y la lucha contra la desertificación”.

El agua, que se considera abundante, también se está volviendo escasa debido a las condiciones climáticas. Diversas regiones del mundo se encuentran luchando por obtener recursos hídricos. El entorno construido contribuye significativamente al uso global de las materias primas, la energía de emisiones en funcionamiento, la generación de residuos sólidos y GEI. Por lo tanto, promover el diseño y las prácticas de construcción que reducen los impactos ambientales negativos de edificios y mejoran la salud de los ocupantes y su bienestar, se asumen como inteligentes políticas.

El Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos (una coalición sin fines de lucro conformada por verdaderos líderes de la industria de la construcción con sede en Washington, DC), ha desarrollado el Programa de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED) del sistema de clasificación de edificios verdes.

Tanto en los Estados Unidos, como en varios otros países del mundo, la certificación LEED conforma un estándar reconocido para medir la sostenibilidad de un determinado edificio.

En todo el mundo se desarrollan distintos programas similares. Los mismos son cuantiosos, pero vale destacarse por su relevancia el BREEAM en el Reino Unido, al CASBEE en Japón, el Green Star en Australia, entre otros.

DIEZ PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES SOSTENIBLES

Este capítulo concluye con un resumen de las diez propiedades que debe presentar un Hormigón para ser considerado “Sostenible”.

1. Prolongada vida útil: La durabilidad del hormigón armado asegura que la estructura conservará sus capacidades portantes y estéticas durante muchos años. La huella de carbono de una estructura compuesta por Hormigones Sostenibles se minimiza a lo largo de su servicio.

2. Seguridad: Las estructuras de hormigón armado pueden soportar desastres naturales, incluyendo huracanes, tornados, terremotos e inundaciones. Esta resistencia reduce al mínimo la necesidad del reemplazo o reparación de sus componentes.

3. Eficiencia energética: La masa térmica inherente del hormigón armado absorbe el calor durante el día y lo libera por las noches, reduciendo los costos y mejorando su eficiencia energética.

4. Bajo mantenimiento: El hormigón armado proporciona durabilidad a largo plazo, y por lo tanto, reduce al mínimo la necesidad de mantenimiento extensivo cuando se compara con otros materiales de construcción. Debido a su moldeo “in situ” ofrece un enfoque monolítico para diseñar pocas o ninguna unión, aspecto responsable de una reducción notable de su mantenimiento.

5. Reducción de residuos: Los componentes del hormigón normalmente se descartan, pero los mismos, convenientemente tratados, pueden ser empleados nuevamente.

6. Economía de recursos: Los proveedores de hormigón pueden reemplazar significativas cantidades de cemento en sus mezclas con subproductos industriales, como por ejemplo, el humo de sílice y la escoria de alto horno. Su empleo los elimina de los vertederos y minimiza la demanda de cemento, mientras que, en muchos casos, desarrolla hormigones más duraderos.

7. Reducción del costo de transporte: Prácticamente, la totalidad de los componentes presentes en el hormigón armado se pueden obtener a nivel local en cualquier parte del mundo. Este resulta ser el elemento clave en la reducción de las emisiones debidas al transporte. A través de la utilización de materiales locales, los impactos por traslado se reducen al mínimo.

8. Flexibilidad de diseño: El hormigón armado ofrece flexibilidad para diseñar diversas formas arquitectónicas y espacios, proporcionando un gran rendi-

miento en función de las demandas de específicos usos y destinos.

9. Mejora de la calidad del aire interior: El hormigón no contiene compuestos orgánicos volátiles, optimizando la calidad del aire interior. No es compatible con el crecimiento de moho, ya que es inorgánico. Su naturaleza monolítica reduce espacios ocultos donde los insectos, roedores y otros riesgos biológicos pueden acumularse e infiltrarse en los espacios ocupados. La barrera impermeable proporcionada por el hormigón armado ayuda a mantener el aire libre exterior y permite que el entorno interior sea controlado mediante los sistemas de aire acondicionado.

10. Estética y otros beneficios sociales significativos: El hormigón armado puede ser fundido en casi cualquier acabado o forma. Ello proporciona al diseñador una flexibilidad ilimitada en el empleo del color, forma y textura. Además, el hormigón aporta una alta resistencia al fuego y un excelente aislamiento del ruido.

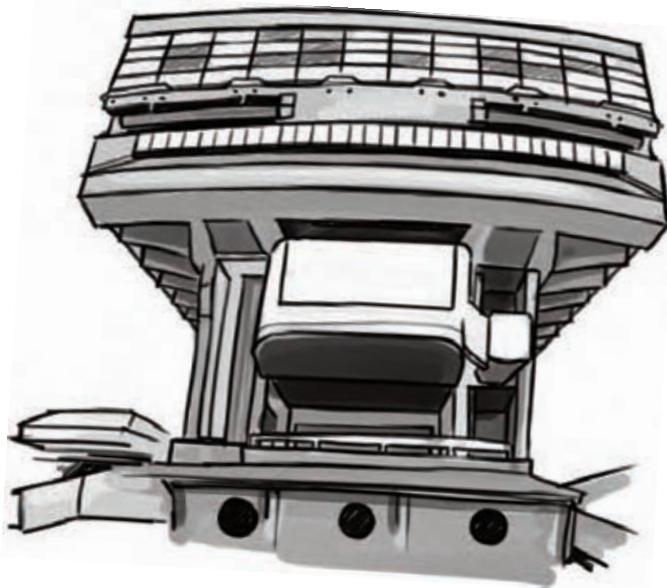
El hormigón armado puede ser fundido en casi cualquier acabado o forma.

Ello proporciona al diseñador una flexibilidad ilimitada en el empleo del color, forma y textura.

Se crean, por lo tanto, diseños cómodos, seguros, combinando su capacidad para sumar una alta resistencia y confort interior.

El hormigón armado puede ayudar a impulsar la productividad y la satisfacción de los trabajadores, al tiempo de garantizar una mayor calidad de vida, más "verde".





**Conceptos
generales sobre
sostenibilidad**

CONCEPTOS GENERALES SOBRE SOSTENIBILIDAD:

Sostenible (*adj*): Que puede mantenerse por sí mismo

Diccionario de la Real Academia Española

El origen y manufactura técnica de los sistemas constructivos, su impacto medioambiental y desmantelamiento futuro, conforman aspectos cada vez más decisivos a la hora de seleccionar un producto. Ante dicha situación, los técnicos han reaccionado ofreciéndoles a los profesionales sistemas constructivos lo más inocuos posibles para el medio ambiente, los cuales son producidos aplicando una firme responsabilidad socioambiental.

El tema de la sostenibilidad está ocupando y preocupando especialmente a los profesionales de nuestra industria. Los analistas e inversores ya no miran sólo las cifras de negocio o los beneficios, sino también, si una empresa presenta un sistema constructivo el cual garantiza un desarrollo sostenible, o sea, ecológico y socialmente responsable, o no.

En los EE.UU. y Gran Bretaña, por sólo citar dos ejemplos, la preocupación por el denominado “efecto invernadero” permanece muy presente en la sociedad y, junto con otros criterios, condiciona todos los procesos de la producción industrial, incluidos los de la construcción de obras de arquitectura e ingeniería civil de las más diversas escalas.

Un reciente estudio revela que la sostenibilidad ha crecido exponencialmente en cuanto al grado de relevancia que la sociedad le brinda. Ello se repite en los dos mencionados países, hasta el punto de convertirse en un valor comercial añadido.

El concepto "de la Cuna a la Cuna" ("Cradle to Cradle", o "C2C"), se basa en el principio de diseñar aquello que producimos de tal forma que resulte o completamente biodegradable, o absolutamente reciclable. Dicho principio encuentra su origen en la naturaleza misma, donde no existe problema alguno con los "residuos", puesto que "residuo" equivale a "nutriente".

El modelo "de la Cuna a la Cuna" se opone de hecho a "de la Cuna a la Tumba" ("Cradle to Grave"), en el cual los flujos de material asociados a un producto a menudo no interactúan teniendo en cuenta la conservación de los recursos naturales, vale decir que, al final de su vida, los materiales y productos terminan para siempre en basurales, incinerados o amontonados en ecosistemas.

Podríamos ahorrar hasta un 50% de la energía que se dispone para la calefacción de una vivienda, aplicando sistemas sostenibles en sus procesos de diseño y construcción.

De esta manera, es posible lograr una interesante economía energética mediante un adecuado criterio de diseño tendiente a mejorar la relación superficie-volumen. Es bueno comprender que los fenómenos higrotérmicos se originan, por lo expuesto, en la envolvente del edificio.

La responsabilidad de los ingenieros civiles y técnicos en este campo resulta ser trascendental, dado que sólo a partir de condiciones interiores adecuadas en las obras proyectadas, podremos hacer participar al usuario en la responsabilidad que ostenta dentro de la cadena de consumo de energía.

Los denominados Costos de los Servicios Energéticos (CSE), representan aproximadamente más del 15% de los gastos de una vivienda. Por lo tanto, con la participación de todos los sectores, habremos logrado evitar el derroche de energía sin afectar la calidad y confort de las condiciones interiores.

Las urgencias que nuestro medio ambiente expone con cada desastre natural, acota los tiempos de aplicación de aquellas formas de construcción ecológicamente compatibles. Ante las afectaciones que nuestro clima evidencia, el desafío consistirá en cómo crear conciencia respecto de que el mañana es hoy, reafirmando que las fuentes naturales, de entrañable nobleza, no son inagotables. Más cuando se las dilapida y maltrata.

Todos los profesionales podemos constituirnos en actores superlativos de este cambio, tomando una actitud más solidaria y comprometida con el contexto que el medio nos propone.

En este sentido, cabe recordar la reflexión realizada por el sociólogo italiano Francesco Tonucci, cuando sentenció: "La generación de finales del siglo XX será la primera en la historia de la humanidad que afectará negativamente las perspectivas de vida de la generación siguiente".

Nuestros desafíos como país periférico son importantes. En este sentido, todo avance que intente alcanzar una construcción más sostenible resulta plausible.

La Argentina está ubicada en un contexto complejo desde el punto de vista energético, mostrando una enorme dependencia respecto de los recursos no renovables.

En paralelo, en ocasiones, se malentiende a la sostenibilidad. No se trata de un nuevo estilo constructivo, ni de una moda alternativa, sino de aplicar una serie de criterios, como la correcta orientación de los ambientes, la elección de los materiales y elementos adecuados, el tamaño de las aberturas y su protección ante el Sol. Dichos criterios se relacionan con el consumo de energía, el uso de materiales y productos de construcción más amigables con el ambiente, la gestión de los

residuos y el agua, así como otros aspectos que influyen en los impactos ambientales de la obra.

En varios puntos del planeta se aplican programas estatales de subvención para los propietarios de inmuebles que deseen mejorar el aislamiento térmico de sus viviendas, aprovechar las energías alternativas, o disminuir las emisiones de CO₂.

En este sentido, proyectar y construir no conforman tareas menores, ya que revisten una enorme responsabilidad, cada vez que elegimos un determinado sistema constructivo. Allí, en la pantalla de CAD; resulta imprescindible reflexionar, pensar, crear, opinar y teorizar.

Proyectar el entorno humano, organizarlo y gestionarlo integralmente, requiere de distintas disciplinas que centran su atención en el medio físico, la sociedad y la cultura, tales como la geografía, la sociología, la hidrografía, la biología, la ecología o el planeamiento urbano y territorial.

En los últimos cincuenta años, el avance de las metrópolis y de ciertas políticas desatendió funciones básicas tendientes a garantizar un medio físico adecuado a los fines de promover la calidad de vida presente y futura. Evidentemente, los sectores geográficamente más desprotegidos, fueron los que directamente recibieron los embates de dichas acciones, desde el punto de vista de la calidad de los servicios que recibían.

El concepto de “sostenibilidad”, no se relaciona solamente con las condiciones de habitabilidad y uso ulterior de una obra determinada, sino con una forma de concebir, proyectar y materializar dicha obra. En este sentido, los sistemas constructivos sostenibles aportan sus particulares características para satisfacer y cumplir los requisitos que -en cuanto a confort higrotérmico-

las nuevas construcciones requieren, como forma válida de garantizar una disposición acorde de los recursos de producción.

Los técnicos e ingenieros civiles no deberían concebir un mejor homenaje a la naturaleza y la prosecución de un entorno ambiental sano en el cual el hombre desarrolla y crea su vida. Negar estos conceptos o -lo que resulta peor- ignorarlos por completo, supondrá una traición a uno de los axiomas más elementales:

La sostenibilidad es un hecho y una necesidad, ante la cual, la construcción no tiene más remedio que adoptar una postura de vanguardia, para facilitar el acceso a una adecuada calidad de vida a nuestra sociedad.

Actualmente se desarrollan valiosas ideas y conceptos en relación con la denominada construcción “sostenible”, “verde” y “amigable con el medio ambiente”. Dicha terminología ha sido monopolizada por parte del discurso de muchos profesionales de la industria, corriéndose el peligroso riesgo de que esos conceptos no sean valorados en su verdadera magnitud.

Nuestra industria de la construcción, al ser responsable de un consumo energético desmedido, resulta una de las más estigmatizadas, provocando que la bandera verde sea enarbolada con esmero por parte de una gran cantidad de actores, tanto empresarios como profesionales.

Evidentemente, las problemáticas que nos plantea el medio ambiente no pertenecen al nuevo siglo. Sí es cierto que se ha revertido la visión de los actores sociales en relación con la importancia que el tema demanda, dadas las evidentes pruebas que, cada vez con más frecuencia, la naturaleza nos brinda.

Iniciativas en relación con la minimización de la denominada “huella ecológica”, gracias a la optimización energética de los procesos constructivos, son bienvenidas y explicitadas como importantes aportes para la ingeniería civil. Aunque cierto es que muchos de los

mencionados aportes conforman el primer paso dado a efectos de provocar un cambio de mentalidad a la hora de diseñar y construir.

La transfiguración de la técnica, dentro de la cual la sostenibilidad adquiere un papel fundamental, resulta inminente. Pero por eso mismo, las problemáticas ambientales que devienen, deben ser cabalmente estudiadas, lejos de las modas y los discursos “políticamente correctos” desde el punto de vista del marketing más ortodoxo, pero vacíos de aplicabilidad en relación con nuestros contextos económicos, legales, técnicos y biosociales.

Las iniciativas proyectadas no deben agotarse únicamente respecto de la labor de los profesionales de la construcción, ni de las empresas fabricantes de insumos, sino que deben trascender hacia los consumidores finales. Son ellos, como parte de la sociedad, quienes verdadera y cabalmente pueden determinar el éxito de estos emprendimientos, y así también, la prosperidad de una construcción sostenible. No podemos, ni debemos, hacer del marketing ambiental una moda pasajera, sin que conlleve un positivo beneficio para toda la posteridad.

Actualmente, no colma expectativas el diseño de una obra de ingeniería civil rotulada como “sostenible”.

La industria de la construcción, si desea afianzar su vigencia, tiene la responsabilidad -y oportunidad- de activar el circuito del cambio, empezando por sí misma, garantizando de esta forma, una positiva proyección sobre la sociedad.

Para que ello sea posible, todos los actores de la llamada “cadena de valor” deben mostrarse severamente comprometidos en la producción de materias primas, transformación, logística, comercialización, disposición final y recuperación, una vez que la vida útil de la obra y sus componentes haya concluido.

Hemos escuchado en demasía hablar de productos que cuidan del medio ambiente mediante el reciclaje de algunos de sus desechos; logrando verdaderos ahorros de inversión. O bien, de organizaciones que sin buscar mejoras económicas nos capacitan acerca de los recursos no renovables.

Esta toma de conciencia se desarrolla en forma contundente y merece nuestra atención.



Temas tan lejanos como el agotamiento de las reservas y la conservación de la energía, no necesariamente conllevan aumentos económicos en nuestras obras, si éstas son concebidas desde su inicio mediante una verdadera política de ahorro energético.

Resulta imprescindible entender a la construcción sostenible no sólo acotada al estadio de materialización de la obra, sino a toda su vida útil.

Estudios del ciclo de vida de las construcciones en Europa, muestran que los costos iniciales de materialización de un edificio, representan un 15% del valor total, mientras que los costos de operación y uso de la obra implican el 85% restante.

Durante la fase de uso, el consumo de energía de un edificio constituye el aspecto ambiental más relevante, significando aproximadamente, el 40% del total de la demanda energética de Europa.

Estos alcances permanecen fuertemente relacionados con la problemática del cambio climático, donde algunos análisis indican que un incremento de la eficiencia energética en las construcciones puede reducir las emisiones de los edificios en un 42%.

Evidentemente, la sostenibilidad es la única manera de luchar contra la crisis económica y contribuir a la igualdad. El futuro equilibrio entre las necesidades sociales y de mercado debe ser vehiculizado a través de una nueva industria de la construcción. Una industria más sostenible.

La construcción, en nuestra región, se lleva a cabo a partir del agotamiento -o mal empleo- de los recursos, con la consecuente degradación de los espacios naturales, el aumento de la demanda energética y la contaminación ambiental.

Como consecuencia, se puede estimar que más de la mitad de las viviendas materializadas en nuestro país (teniendo en cuenta las realizadas a través de la auto-

construcción), no son eficientes en el ahorro de energía, vale decir, las obras nacen “enfermas”. Necesitan constantemente de medios mecánicos externos para lograr alcanzar el confort higrotérmico deseado, generando un costo innecesario el cual podría ser acotado al momento de diseñar y construir la obra encomendada.

A partir de los años 70 del siglo pasado, los países desarrollados pusieron de manifiesto la necesidad de impulsar el ahorro energético en vista del creciente costo del petróleo. El foco de la crisis energética del año 1973 provocó que la humanidad toda se plantee la necesidad de reconsiderar el gasto energético de sus edificaciones.

En los últimos años, la redacción del Acuerdo de Kyoto torna mucho más evidente la importancia del mencionado ahorro.

La responsabilidad de los técnicos e ingenieros civiles en este campo resulta ser trascendental.

Un párrafo aparte merece la responsabilidad de las instituciones y organismos públicos, sus funcionarios y técnicos, encargados de decidir cómo serán las obras propuestas a fin de brindarle a sus beneficiarios, proyectos eficientes y con la mayor economía de recursos ambientales posible.

NORMATIVAS VIGENTES QUE REGULAN LOS ASPECTOS AMBIENTALES

La investigación “Situación de la Edificación Sostenible en América Latina”, autoría de Laura Alejandra Téllez, Luis Villarreal Ugarte, Carmen Armenta Menchaca y Rena Porsen; sirve de referencia a la hora de analizar cuáles son las principales normas que regulan los aspectos ambientales en la Argentina.

“Algunos parámetros de la construcción sostenible se implementan de manera obligatoria a través de legislaciones nacionales relacionadas con la eficiencia energética, la cual es una política central a nivel nacional.

En este rubro se está gestando una política de largo plazo, tomando en cuenta la problemática del cambio climático para el desarrollo de las estrategias del país (SCN, 2008).

El compromiso mundial alcanzado en la ciudad de París en el mes de diciembre del año 2015 (COP-21) incluyó, entre otros aspectos de relevancia, compromisos específicos de mitigación para China y los EEUU.

Este punto es sumamente significativo, dado que ambos países conforman los mayores emisores en el mundo, con el 24 y el 12% de las emisiones globales, respectivamente.

En relación a la legislación vinculada con la construcción sostenible, cada municipalidad establece su propio Código de Edificación, el cual en muchos casos, toma como base cláusulas del Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

No existe aún un código de edificación a nivel nacional, pero sí a nivel provincial y municipal (IRAM, 2013).

Las normativas relacionadas con la sustentabilidad en edificios, eficiencia energética, la iluminación natural y artificial, y acondicionamiento térmico incluyen (Evans, 2012):

- Normas voluntarias del IRAM: IRAM 11.630 e IRAM 11.659-1 (Aislamiento térmico en edificios); IRAM 11.659-2 (Acondicionamiento térmico de edificios); IRAM 1.739 (Materiales aislantes térmicos); IRAM 62.404 (Etiquetado de Eficiencia Energética de lámparas eléctricas para iluminación general); IRAM 62.406 (Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire); IRAM 210.001-1 (Colectores solares).
- Normas obligatorias para Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social.

- Normas de seguridad e higiene en el trabajo.
- Códigos de Edificación de aplicación a nivel municipal, con el ejemplo del Código de Edificación y de Ordenamiento Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La forma en la cual se implementan dichas normas es mediante el desarrollo de códigos o reglamentos municipales que incorporan algunas o todas las normas previamente descritas, como condiciones reglamentarias para la construcción (IRAM, 2013).

Un ejemplo de ellos es la implementación de los denominados Techos o Terrazas Verdes en la ciudad de Buenos Aires.

Actualmente el IRAM trabaja en tres ejes de acción para la implementación de la construcción sostenible, a través de la normalización de normas ISO de edificación verde. El primer eje se enfoca en el diseño edilicio y arquitectónico, que incluye temas como la elección de materiales, procesos constructivos, uso racional de la energía y gestión de los recursos entre otros (IRAM, 2013).

Toma como guías, normas voluntarias como el ISO TC 268 (desarrollo sostenible para comunidades), ISO TC 205 (Entorno constructivo), ISO 13153:2012 (Guía para el proceso de diseño residencial unifamiliar y edificios comerciales pequeños eficientes en energía). También, toma en cuenta las normas obligatorias IRAM relacionadas con el acondicionamiento térmico.

El segundo eje es la normalización de aspectos ambientales de los materiales de construcción mediante la consideración de certificados o declaraciones ambientales de los productos utilizando la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

El tercer eje consiste en la adopción de normas ISO sobre construcción sostenible. En este caso, algunos de los sistemas ISO que toma como base son: ISO 15392:2008 (Principios generales de la sustentabilidad



en edificios), ISO 21929-1:2006 (Guía para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad en la edificación), ISO 21930:2007 (Declaración ambiental de productos), entre otros.

Además de la temática de eficiencia energética existen otras leyes y decretos los cuales establecen parámetros constructivos y promueven preceptos de sustentabilidad en la edificación.

Al respecto de la normativa vigente en Argentina para una construcción sostenible, destacamos la Ordenanza 8.757/2011 de la Ciudad de Rosario, análoga a la ley de la Provincia de Buenos Aires, en cuanto a los

valores de transmitancia térmica a verificar en las envolventes de los edificios.

Mediante la ley 4.428 en la Provincia de Buenos Aires se promueve la construcción de techos y terrazas verdes y en las obras nuevas se aplican reducciones en el pago de los derechos de delineación y construcción.

Finalmente, la Ley 449 y 123 y el Decreto N° 222/2012 establecen reglamentaciones respecto a la realización de estudios de Evaluación de Impacto Ambiental que analicen la interacción de los proyectos de construcción con el medio ambiente”.



MÓDULO

1

Explotación y producción de hormigones sostenibles

*Asociación de Fabricantes
de Cemento Portland*

EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE HORMIGONES SOSTENIBLES:

La industria del cemento y la sostenibilidad

Cemento y desarrollo sostenible

Desde sus inicios, y a lo largo del tiempo, la industria del cemento ha contribuido con un aporte clave a la calidad de vida del hombre mediante las múltiples aplicaciones del hormigón en la construcción de viviendas, carreteras, edificios, diques, aeropuertos, instalaciones industriales, o sea en general, de obras que crean bienestar para las personas y dotan de infraestructura al país.

Las empresas cementeras en la Argentina han estado siempre comprometidas con la fabricación de productos de la más alta calidad, a través de los controles continuos en cada una de sus etapas, lo cual permite alcanzar estándares de excelencia debido a la permanente inversión en desarrollo tecnológico.

Asimismo, para la Industria, la sostenibilidad es prioritaria en cada fase del proceso productivo. En las últimas décadas, se ha fortalecido en la sociedad la conciencia sobre la necesidad de cuidar el ambiente, traduciéndose en políticas empresariales, las cuales basadas en la tecnología moderna, mejoran las etapas de producción, utilizando más eficientemente la energía, sustituyendo gradualmente los combustibles no renovables por los alternativos, reduciendo al mismo tiempo, las materias primas naturales e incorporando residuos generados en otros procesos industriales, que de esta manera, no son depositados en rellenos sanitarios.

La responsabilidad asumida por la Industria para la protección del ambiente se refleja en el apoyo al crecimiento de una sociedad orientada al Desarrollo Soste-

nible basada en el hormigón, material de gran difusión por su versatilidad, abarcando todos sus aspectos aplicativos.

Cada una de las dimensiones constituyentes de la Sostenibilidad ha sido alcanzada por las actividades emprendidas por la industria del cemento a través del uso de materiales y/o combustibles alternativos, un mejor aprovechamiento energético, remediación de canteras, desarrollando asimismo su capital humano, y protegiendo a sus empleados y colaboradores, brindándoles un ambiente de trabajo seguro y saludable.

INSUMOS VITALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El cemento y su principal aplicación, el hormigón, son componentes vitales para la industria de las construcciones civiles que hacen a la infraestructura de un país, en el Siglo XXI.

La sociedad moderna, se ha desarrollado en base al uso creciente del hormigón a nivel mundial, a través de las más variadas formas de aplicación, convirtiéndose en un material que después del agua, es el de mayor consumo.

El proceso de fabricación del clinker, material intermedio en la producción del cemento, genera CO₂ gaseoso el cual es emitido a la atmósfera. Se produce principalmente por la descarbonatación de la caliza, al cual se suma el proveniente del proceso de combustión y la molienda, entre otras operaciones, ya sea en forma directa o indirecta.

En la actualidad, se han realizado una serie de modificaciones las cuales logran que esta consecuencia -inevitable por la naturaleza del proceso de producción-, se convierta en más amigable con el ambiente, como por ejemplo:

- 1) Obtener mejoras en la eficiencia energética de los hornos de cemento.
- 2) Conversión a los sistemas de vía seca, más eficientes

desde el punto de vista del consumo energético.

- 3) Modernización de la estructura de las plantas, para lograr que los consumos de electricidad disminuyan, acotándose en paralelo, las emisiones de CO₂ indirectas.
- 4) Valorización de residuos al emplearlos como combustibles y/o materias primas alternativas en donde además se los elimina o incorpora al clinker, pues de otra forma, serían incinerados o depositados en un relleno sanitario con el resultado de menores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- 5) Modificación de la composición del cemento, mediante el uso de diversas adiciones, tanto de origen natural como industrial:

- Escoria granulada de alto horno.
- Cenizas volantes.
- Puzolanas naturales y artificiales.
- Filler calcáreo.

Esto reduce el factor clinker por tonelada de cemento producido, o sea, genera una menor emisión de CO₂ a la atmósfera. En cuanto al hormigón, se debe destacar que se trata de lograr una mayor durabilidad de este material compuesto, para encuadrarlo dentro del marco del Desarrollo Sostenible, analizando la contribución de cada uno de sus componentes, a lo largo de su ciclo de vida.



CONCEPTOS GENERALES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

En la actualidad, el concepto de Sostenibilidad y por ende, el de Desarrollo Sostenible, se basa en sostener, es decir, soportar o mantener un proceso en forma continua y cuyo objetivo es que la vida del planeta pueda seguir transcurriendo en el futuro inmediato y mediato.

Los tres componentes de la Sostenibilidad son, como se sabe: El ambiente, la sociedad y la economía, que puede llegar a ampliarse a un cuarto, la energía, dada la importancia creciente que la misma representa a nivel mundial.

Siempre se trata que estos tres componentes se encuentren balanceados, en forma simultánea a través de la Tierra, ahora y en el futuro.

Resulta factible llegar a analizar la combinación de estas tres esferas de acción, lo que da lugar a varias posibilidades:

- Si se combina el ambiente con la economía, se trata que el tema pueda ser viable.
- Si se hace lo mismo entre ambiente y sociedad, debe ser tolerable.
- Si es entre la sociedad y la economía, se concreta como equitativo.

Pero como se indicó anteriormente, el balance equilibrado de las tres posibilidades mencionadas, lo convierten en SOSTENIBLE.

Debido a que el tema ambiental es el que más se ha tratado, el ingeniero o el arquitecto buscan significar que la Sostenibilidad les brinda la oportunidad de destacar que una construcción no afecta negativamente al ambiente, y por eso, aparecen los términos como ambientalmente amigables, o verdes, aplicados a los materiales de la construcción.

Es importante destacar la razón del enfoque sobre el ambiente, pues su deterioro marca la agenda del Desa-

rollo Sostenible de los países, junto con las pautas consideradas desde el objetivo que persigue una sociedad moderna y los aspectos económicos involucrados.

Ello está íntimamente unido a los efectos del Cambio Climático que producen entre otros, la disminución de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad y todos los demás factores que afectan el desarrollo humano.

Es obvio que la base económica no ha sido demasiado tratada a nivel de los países desarrollados, destacando que existen niveles de pobreza con un consumo elevado de recursos naturales, producto del desorden por subsistir, y allí aparece el componente social, en cuanto a la posibilidad de disponer de agua limpia, para su consumo, cuya falta se asocia al deterioro de la salud, como así también, las guerras por ausencia de estructuras políticas estables, que influyen en el deterioro ambiental, económico y social.

Se deberá buscar como metas tratar de lograr sistemas que sean capaces de mantenerse en funciones en el futuro, sin correr el peligro de extinguirse por falta de los recursos necesarios para constituirlos, que no produzcan acciones negativas para el ambiente y permitan lograr una mejor calidad de vida a los usuarios de dichas construcciones.

Cuando se analiza la factibilidad de la construcción de una obra determinada, es posible realizar algunas de las siguientes consideraciones:

- Ubicación de la obra con una evaluación previa de su impacto ambiental.
- Consumo estimado de energía.
- Sistema constructivo.
- Empleo de materiales menos contaminantes.
- Residuos de la construcción.
- Reciclado de materiales.

Para cumplir con los objetivos aplicados al Desarrollo Sostenible, la industria de la construcción se apoya en tres pilares importantes:

- 1) La durabilidad de las estructuras.
- 2) El reciclado de materiales.
- 3) El aprovechamiento de los residuos de la construcción.

En el diseño de las construcciones civiles, en general, es necesario contar con los materiales y sistemas constructivos que mejor se adapten a las condiciones climáticas locales, para un mejor aprovechamiento de la energía aplicada en la iluminación, la ventilación, el acondicionamiento térmico, todo lo cual se ve reflejado en un menor consumo de gas y electricidad, con las ventajas adicionales de disminuir las fuentes indirectas de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, así como la preservación de los recursos naturales no renovables.

Los materiales a emplear se eligen teniendo en cuenta su ciclo de vida, es decir “desde la cuna hasta la tumba”, o sea, desde la extracción misma de las materias primas necesarias para su fabricación, junto con las diversas etapas que conllevan a su transformación, las tecnologías empleadas, la demanda energética y los desechos generados por esa actividad como tal.



Es importante destacar que se debe incluir la logística hasta los centros de consumo, pues el transporte es

también uno de los medios que más contamina por las emisiones gaseosas de los vehículos involucrados.

Una vez dispuestos los materiales en obra, la etapa que se ha de considerar es el de la construcción propiamente dicha (montaje y puesta en marcha), dependiendo en una alta proporción, de los proyectos adoptados en base a las tecnologías empleadas, controlando la disposición de los residuos y minimizando el uso de la energía para cumplir responsablemente con la gestión encarada.

Una vez puesta en uso la obra, ésta genera el consumo de diversos recursos como el agua, la energía eléctrica, el gas, los alimentos, etc., que dan origen a residuos de diferente naturaleza.

A través de los años, se va produciendo el desgaste natural de la construcción, minimizada por el desarrollo de un continuo mantenimiento, para que la durabilidad se extienda la mayor cantidad de tiempo posible.

La selección de las mejores condiciones de confort de cualquier construcción, estará acompañada con el soporte de un buen criterio bioclimático.

PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO

01. Extracción

El proceso industrial comienza en la cantera con la extracción de las materias primas, operación efectuada mediante explotaciones a cielo abierto, con el empleo de perforadoras especiales y voladuras posteriores.

La extracción de las calizas, arcillas, pizarras, esquistos, ubicados en yacimientos -en ocasiones-, altamente tecnificados, obliga a recurrir a un control minucioso del frente de cantera, para lo cual, se emplean perforadoras de gran rendimiento y se realizan voladuras con barrenos, disponiendo explosivos a base de nitrato de amonio y fuel oil o suspensiones de TNT, nitrato de amonio y agua.



02. Trituración

La planta de trituración de calizas y arcillas, que permite reducir el tamaño de los materiales a uno comprendido entre 0 y 46 mm, es capaz de producir hasta 2.000 t/h; luego, se los traslada hasta la planta mediante una cinta transportadora.



03. Prehomogeneización

Una vez llegados los materiales a la planta, se los deposita en el parque de almacenamiento de materias primas, donde se realiza un adecuado proceso de prehomogeneización, para evitar las fluctuaciones previsibles en su composición. En este punto, es fundamental el muestreo y análisis, rápido y continuo, de los diversos minerales almacenados.



04. Molienda

Mediante un proceso de extracción automático, las materias primas almacenadas son conducidas a la instalación de molienda, constituida por un molino de bolas, donde son reducidas a un material de gran finura, denominado “harina”, que alimenta posteriormente al horno.

Es precedida por un proceso de secado que puede darse tanto en el molino como exteriormente a él, pues puede llegar a contener hasta un 15 % de humedad.

Si la materia prima está muy húmeda y resulta adherente, se debe recurrir a la molienda por vía húmeda, para realizar un secado posterior.



05. Alimentación del horno

Se transporta el material molido mediante sistemas neumáticos o mecánicos a los silos de homogeneización, donde se logra, mediante un flujo de aire turbulento, la homogeneización total del material para alimentar al horno, cuya composición química debe ser regulada con toda precisión para ajustar la calidad del producto final.



06. Sistema de precalcinación y horno rotatorio

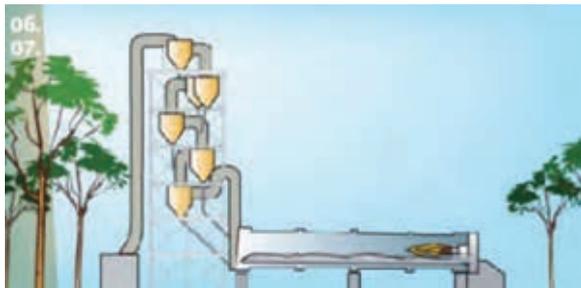
La harina cruda se alimenta, debidamente dosificada, a un intercambiador de calor por suspensión en contracorriente de gases en varias etapas (provenientes de la combustión), lo cual constituye un ciclo de precalcinación de la mezcla antes de su llegada al horno rotatorio, donde se producen reacciones físico-químicas que dan lugar al clinker.

Con esas modificaciones, se ha logrado reducir el consumo de kilocalorías demandadas en el horno para producir un kilogramo de clinker a, aproximadamente, la mitad.

Para aumentar la capacidad de producción se modificó el balance térmico del horno, agregando un ciclón intercambiador de calor y una cámara de combustión turbulenta. Ello ha permitido alcanzar una producción diaria de hasta 10.000 t de clinker por día.

07. Enfriador

El clinker obtenido se somete a un proceso de descenso rápido de temperatura en un enfriador. Luego de pasar por un quebrantador, se traslada mediante un transportador mecánico al parque de almacenamiento.



08. Molienda del producto final

Desde este depósito, a través de un proceso de extracción debidamente controlada, se lleva el clinker para la producción del cemento, a una instalación constituida por un molino de bolas a circuito cerrado, con

separador neumático que permite obtener un material de elevada superficie específica.

En esta etapa, se agregan empleando básculas automáticas, los diferentes componentes minoritarios requeridos según sea el tipo de cemento a producir.



09. Control de calidad

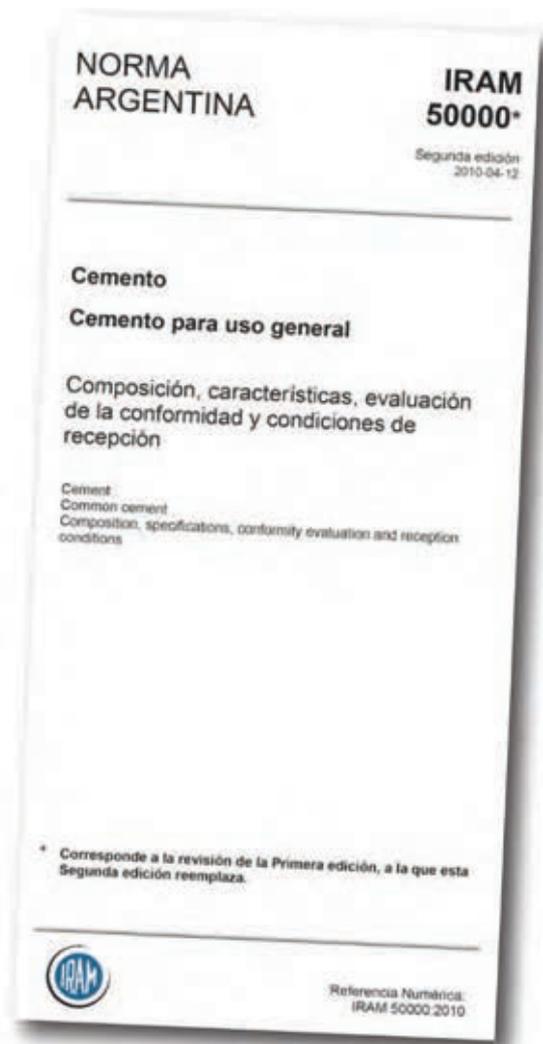
El cemento así obtenido se somete a diversos análisis químicos y físico-mecánicos en un laboratorio debidamente equipado, para garantizar la calidad del producto final y por medios neumáticos, se lo lleva a un depósito desde donde se despacha, en bolsas de 50 kg o a granel.



10. Despacho

Para el suministro en bolsas de 50 kg, se dispone de embolsadoras rotativas automáticas. Los envases se colocan, ya sea en forma automática o semiautomática en plataformas cubiertas, para ser transportadas luego mediante el uso de camiones o vagones ferroviarios.

Para el caso del despacho a granel, se lo carga en forma automática debajo de los silos de almacenamiento, tanto en camiones tolva como vagones ferroviarios.



TIPOS DE CEMENTOS FABRICADOS EN ARGENTINA

Los cementos que se producen en nuestro país, se encuentran establecidos en las normas IRAM 50.000, 50.001 y 50.002, respectivamente. Ellos son los indicados a continuación, siendo la primera tabla la correspondiente a los cementos de uso general, y la segunda, a aquellos de características especiales.

TABLA 1

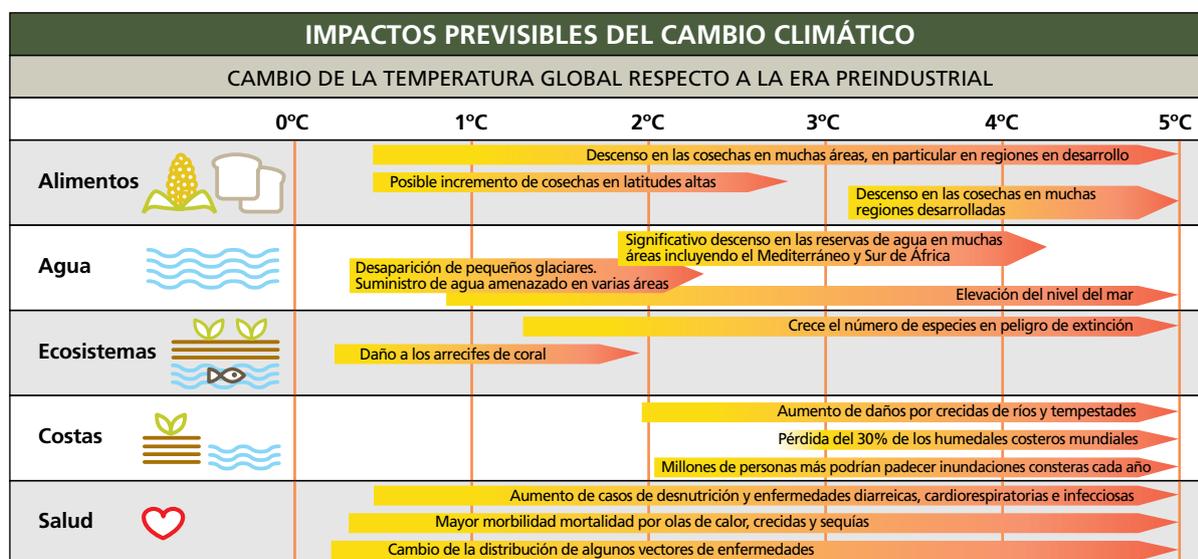
Tipo de cemento	Nomenclatura	Composición (g/100 g)				
		Clinker+ sulfato de calcio	Puzolana (P)	Escoria (E)	"Filler" calcáreo (F)	Comp. minoritarios
Cemento portland normal	CPN	100-95	--	--	--	0-5
Cemento portland con "Filler" calcáreo	CPF	94-75	--	--	6-25	0-5
Cemento portland con escoria	CPE	89-65	--	11-35	--	0-5
Cemento portland compuesto	CPC	98-65	dos o más, con P + E + F ≤ 35			0-5
Cemento portland puzolánico	CPP	85-50	15-50	--	--	0-5
Cemento de alto horno	CAH	65-25	--	35-75	--	0-5

TABLA 2

Denominación	Nomenclatura
De alta resistencia inicial	ARI
Altamente resistente a los sulfatos	ARS
Moderadamente resistente a los sulfatos	MRS
De bajo calor de hidratación	BCH
Resistente a la reacción Álcali-Agregado	RRAA
Blanco	B

CAMBIO CLIMÁTICO

Es la modificación del clima que ocurre respecto de la historia a escala regional y global. En general, son cambios naturales pero hoy en día se los considera derivados de las acciones antrópicas sobre el planeta. El Cambio Climático no puede ser sinónimo de calentamiento global, pues se origina en diversas fuentes.



Las variables que inciden sobre el clima son numerosas. Tanto el ciclo del agua como el del carbono generan cambios en las condiciones de la atmósfera que rodea el planeta, siendo este elemento el más versátil que existe en la Naturaleza.

Los compuestos que contienen carbono y forman parte de la atmósfera son: El monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), los hidrocarburos que poseen la fórmula molecular general C_nH_m y los hidrocarburos sustituidos, que contienen principalmente oxígeno, nitrógeno, halógenos y azufre.

El contenido de hidrocarburos en la atmósfera es controlado por las emisiones que pueden ser de origen antropogénico o naturales, frecuentemente biogénicas, y se producen las destrucciones con diferentes tiempos de vida, en la mayoría de los casos, por reacciones fotoquímicas con oxidantes atmosféricos, tales como OH, NO₃ y O₃.

Las concentraciones atmosféricas locales pueden afectar adversamente la calidad del aire mientras que las cantidades globales contribuyen a las radiaciones atmosféricas.

En todas las zonas geográficas, la reactividad de los hidrocarburos está apareada con la química de O_x+HO_x+NO_x que controla la capacidad de oxidación de la troposfera.

El metano, el hidrocarburo más simple, es el más abundante en la atmósfera.

Debido a su larga vida, se encuentra distribuido a través de la atmósfera más baja, y su química resulta importante a nivel global. Igualmente, el CO permanece globalmente distribuido e impacta la atmósfera a escala planetaria.

Otros hidrocarburos, a menudo denominados no metánicos, son más reactivos, y ofrecen menores tasas de emisión, con concentraciones mucho más pequeñas, excepto en ubicaciones más próximas a las fuentes de emisión.

La química de estos hidrocarburos juega un rol importante en muchas regiones de la troposfera.

Por ejemplo, las emisiones de los hidrocarburos producidas por la combustión de los componentes fósiles constituyen un ingrediente clave en la generación del smog fotoquímico en zonas urbanas.

También, las emisiones de los hidrocarburos no metánicos provenientes de la combustión de la biomasa contribuyen a la producción de ozono en las zonas tropicales.

La atmósfera es un medio oxidante y los hidrocarburos son gradualmente degradados hacia sus compuestos finales oxidados, el CO₂ y el H₂O, a través de una se-

cuencia de radicales y no radicales intermedios. Todo ello aporta al Cambio Climático y los riesgos producidos por el mismo, permanecen asociados con temas económicos, ambientales, geopolíticos, culturales, sociales y tecnológicos.

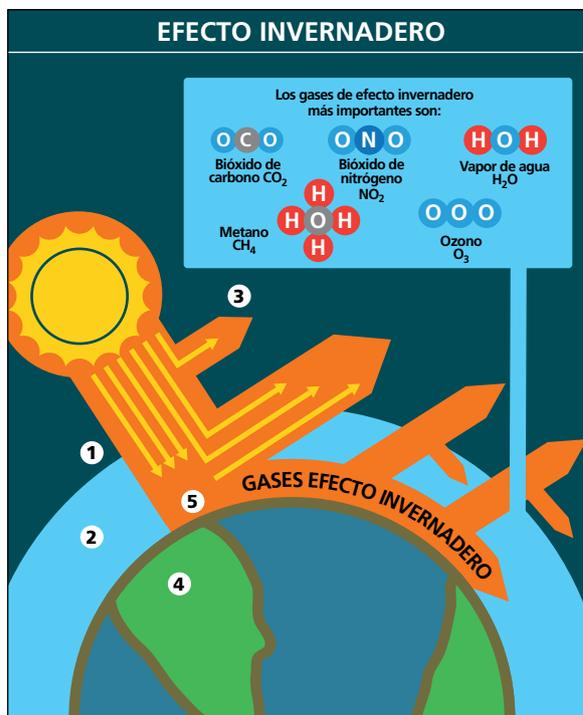
Se concibe al Cambio Climático como una externalidad negativa.

Se trata de un fenómeno de naturaleza global pero heterogéneo, que se da por regiones, en las cuales pueden radicarse industrias sensibles, las cuales actúan en consecuencia para mitigar los efectos y ello cabe, también, a la industria del cemento que, mediante las diversas acciones llevadas a cabo, lo logra a través de la reducción del factor clinker, mediante el uso de adiciones naturales o artificiales (puzolanas, filler calcáreo, cenizas volantes, escoria granulada de alto horno), empleo de combustibles alternativos en reemplazo de los tradicionales, o materias primas alternativas, entre otras medidas.

Pero suele ocurrir que en las épocas de crisis, se pone énfasis en desarrollar proyectos de infraestructura, como por ejemplo, carreteras o autovías, induciendo a un mayor consumo de combustibles subsidiados, con el correspondiente incremento de los Gases de Efecto Invernadero.

¿Cuáles son los temas claves que impactan sobre el cambio climático, provenientes del sector de la construcción?

- El sector de la producción de cemento a nivel mundial, es responsable del 5% de las emisiones de CO₂.
- El impacto elevado de la minería en la fabricación de materiales y los compuestos químicos.
- El transporte de materiales pesados tales como el cemento, el acero, los agregados, el hormigón elaborado, lo cual implica un gasto en energía, a pesar que en la mayor parte de los casos, los materiales de construcción tienden a ser empleados en las proximidades de las plantas de fabricación.
- Los procesos químicos y el uso de combustibles/electricidad que participan de las emisiones directas e



- 1 La radiación solar pasa a través de la atmósfera
- 2 Entrada neta de radiación solar: 240 watt por m²
- 3 Parte de la radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie de la Tierra. Salida de la radiación solar: 103 watt por m²
- 4 Otra parte de la energía solar es absorbida por la superficie de la Tierra y se convierte en calor, es decir, radiación infrarroja. 168 watt por m²
- 5 Los gases de efecto invernadero absorben parte del calor emitido y lo reemiten a la superficie de la Tierra incrementando su temperatura

indirectas de CO₂.

- El mantenimiento de las estructuras edilicias genera un impacto mayor que el correspondiente a la construcción en sí misma, debido al uso significativo de energía, especialmente, en la calefacción e iluminación durante su vida útil.

¿Cuáles son los temas claves del cambio climático que impactan en la construcción?

- Los impactos relacionados con el clima: Las inundaciones, la erosión costera, el hundimiento y los sistemas de drenaje, requieren nuevas técnicas constructivas y materiales para soportar las condiciones climáticas adversas, influyendo en la ubicación del sitio de la obra.

- El costo financiero y de seguros, que intenta presentar descuentos en aquellos casos tendientes a mitigar los efectos adversos, podrían ser impulsados a través de iniciativas de la industria de la construcción, mediante la aplicación de modernas tecnologías.

Co-Procesamiento

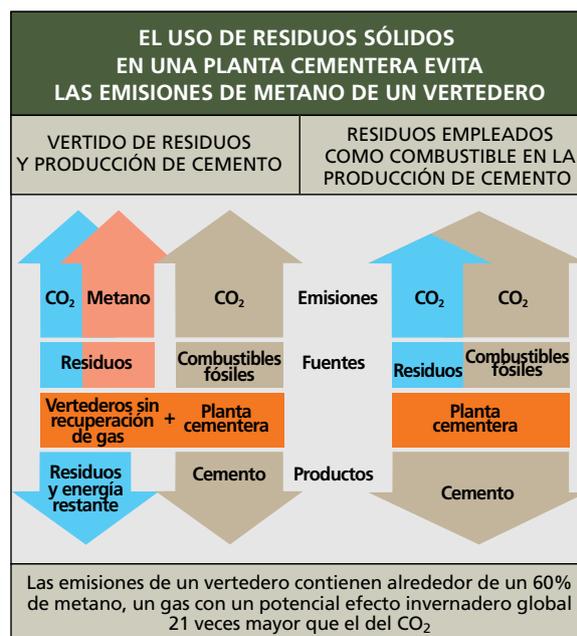
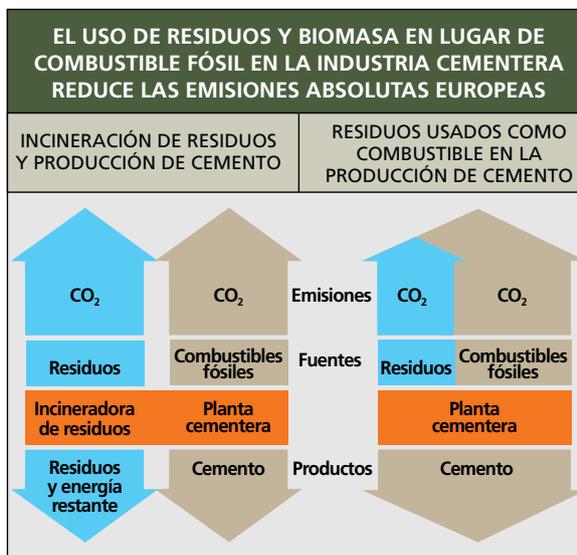
Se trata de una forma de aprovechamiento del contenido energético de los residuos, capaz de brindar una solución segura a la sociedad y al ambiente, por parte de la industria del cemento, de manera de reemplazar los recursos no renovables, tanto las materias primas como los combustibles fósiles.

Resulta ventajosa porque trata de evitar la dependencia de los combustibles tradicionales, los cuales durante el año -por diversas razones-, pueden no encontrarse disponibles, junto con las menores emisiones de los Gases de Efecto Invernadero.

Cuando se trata de las materias primas alternativas, se generan beneficios, como el hecho de no recurrir a materiales naturales de las canteras en extinción, además de no modificar la calidad del clinker producido, generando a su vez, una cantidad menor de dióxido de carbono liberado a la atmósfera.

Constituye una metodología segura, tanto desde el punto de vista de los trabajadores de la planta, como para los habitantes residentes en las proximidades de ella. Si se analiza desde el punto de vista de la economía, es ventajosa pues incrementa la competitividad del sector, y de esta manera, se han englobado al concepto de Sostenibilidad.

Es un proceso que le aporta valor agregado residual a los desechos de otras industrias, como por ejemplo, las cenizas volantes provenientes de las centrales térmicas y la escoria granulada de alto horno cuyo origen es la industria del acero. Con ello se evita el vertido en los rellenos sanitarios, con la eventual generación de metano en dichos lugares, cada vez más escasos, por cierto, debido al rechazo de las poblaciones cercanas.



Las ventajas de realizar el co-procesamiento en los hornos de cemento vienen dadas por:

- La temperatura de la llama alcanza un valor elevado, pudiendo llegar hasta los 2.000 °C. Se produce la descomposición de todas las moléculas orgánicas, convertidas en H₂O y CO₂.
- El tiempo de residencia es elevado. Implica ser suficiente para que las reacciones capaces de destruir a los contaminantes ocurran en un ambiente aislado del entorno.

- Se crea una elevada superficie de intercambio con los sólidos del proceso en el horno rotatorio, pues las partículas poseen tamaños muy pequeños, con lo cual, se logra una buena interacción, debido a su mayor superficie específica, aspecto que redundará en una mayor velocidad de reacción.
- En el intercambiador de calor, se neutralizan los componentes de naturaleza ácida, por la basicidad del polvo del crudo constituido, aproximadamente, por un 60% de cal.
- Los metales pesados son retenidos en la matriz del clinker, formando allí compuestos inertes, los cuales no son lixiviados posteriormente.
- Se manejan grandes volúmenes, cuantificando una productividad incrementada con relación a los residuos, y gracias a ello, la concentración final en el clinker es muy baja.
- No existe necesidad de manejar una cantidad de energía adicional al emplear este tipo de residuos.

Como se puede destacar, por las diversas menciones anteriores, la industria del cemento se encuentra altamente comprometida en las acciones para adecuarse a la sostenibilidad.

Remediación de canteras

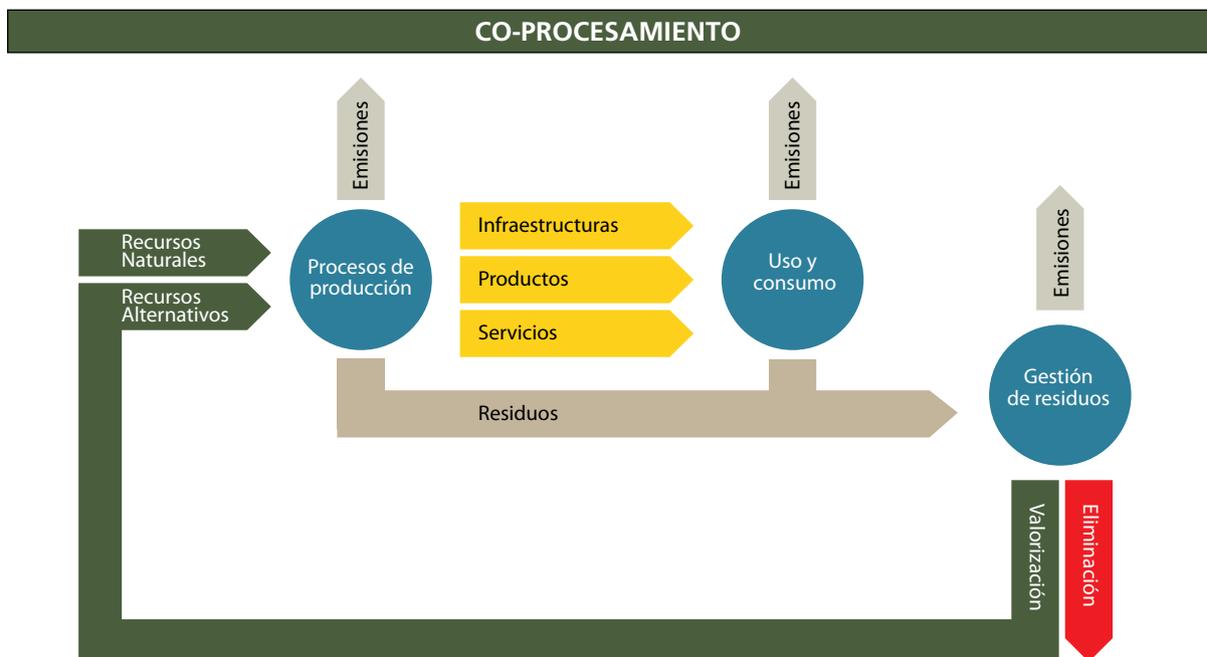
Cuando se explota una cantera para la extracción de las materias primas para la fabricación del cemento, se observa el compromiso tácito de poder rehabilitar la zona de ubicación de la misma además de sus adyacencias, luego de haber cumplido su ciclo de vida.

El poder llegar a rehabilitar una cantera extenuada, representa una acción beneficiosa para las empresas, si se la realiza en forma adecuada.

La Guía de la Cement Sustainability Initiative (CSI), brinda una serie de recomendaciones para proceder a la remediación de canteras. Se busca emplear indicadores de comportamientos que permitan analizar las circunstancias relativas al desarrollo del proyecto.

Involucra técnicas y procesos de rehabilitación, usos finales de los terrenos afectados, todos ellos para diferentes situaciones dentro del ecosistema a reparar.

Las etapas involucradas en el proceso se inician en el mismo momento en el cual se planifica la explotación



de la cantera, al formar parte de la Evaluación del Impacto Ambiental, el cual considera el análisis del Ciclo de Vida, o sea, “desde la cuna hasta la tumba”.

La evaluación consiste en verificar todos los impactos que involucran a las partes interesadas.

El suelo se debe usar en forma sostenible, produciendo una mitigación de la explotación del yacimiento, lo cual debe conducir a generar diversos beneficios a las comunidades cercanas.

Es necesario lograr el equilibrio permanente entre el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, los aspectos relativos a la salud y la seguridad de las poblaciones del entorno, las características de la zona del yacimiento y la influencia sobre la biodiversidad del área en cuestión.

Existen ejemplos diversos en varias provincias, llevados a cabo por las empresas del sector para beneficio de los habitantes cercanos a esos yacimientos extenuados, como por ejemplo, en la provincia de Jujuy, donde se recurrió a la formación de una laguna y un área de recreación, mediante la replantación de la zona con especies nativas, logrando el restablecimiento del ecosistema funcional y la reintegración de las áreas al entorno, todas ellas afectadas por la actividad minera extractiva.

Responsabilidad Social Empresarial

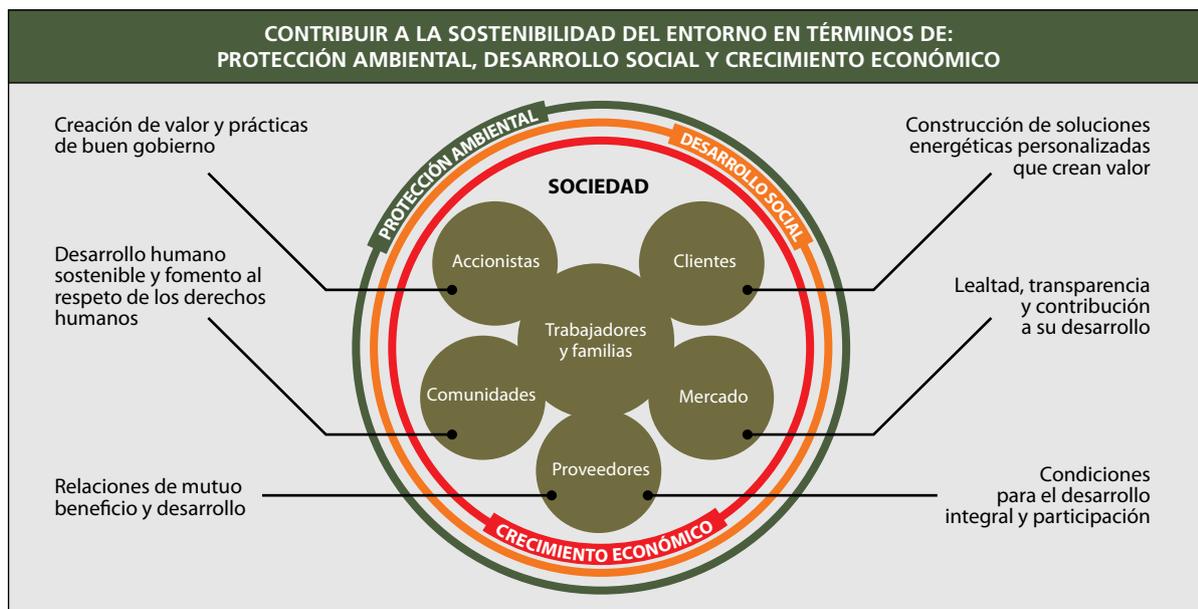
La norma ISO 26.000 constituye una herramienta empleada para generar los beneficios resultantes de manejar una industria desde el punto de vista de la responsabilidad social.

Se aplica a cualquier tipo de organización, sea cual fuere el tamaño o la ubicación de la misma.

Entre los diversos temas que abarca la norma en cuestión, se pueden destacar, entre otros, los derechos civiles y políticos, la resolución de quejas y controversias, el acceso a los servicios esenciales, educación y cultura, empleo sostenible de recursos, participación activa de la comunidad, etc.

La industria del cemento, a través de diversas acciones implementadas en la última década cumple acabadamente con el rol de producir un material que satisface las necesidades de los usuarios, asegurando la calidad de los mismos y garantizado -al ser un producto certificado-, que cumple las exigencias fijadas en la normativa nacional.

No solamente lo hace enfocado a cumplir con sus clientes, sino que acompaña las acciones del país en lo referente a la evolución de las condiciones ambien-



tales, brindando satisfacción a las necesidades de la sociedad en su conjunto, vale decir, abarcando no solamente el personal de las plantas, sino también, el de sus familias, así como el de sus eventuales proveedores y consumidores, todo en el marco amplio de la Responsabilidad Social Empresaria, como componente de gran importancia dentro de la Sostenibilidad de la Industria del Cemento.

EL HORMIGÓN: MATERIAL VERDE

El hormigón es un material íntimamente relacionado con el ambiente. Desde casas hasta edificios para oficinas o viviendas, carreteras y autopistas, mobiliario urbano y de jardín, sendas peatonales, pavimentos urbanos, emplean al hormigón como un material de construcción que ayuda a proteger los recursos naturales y provee beneficios a sus usuarios en diversas aplicaciones.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, este material, el segundo más empleado en el mundo luego del agua, tiene mucho para ofrecer y resulta ser “verde” o “amigable con el ambiente” en una amplia variedad de aplicaciones.

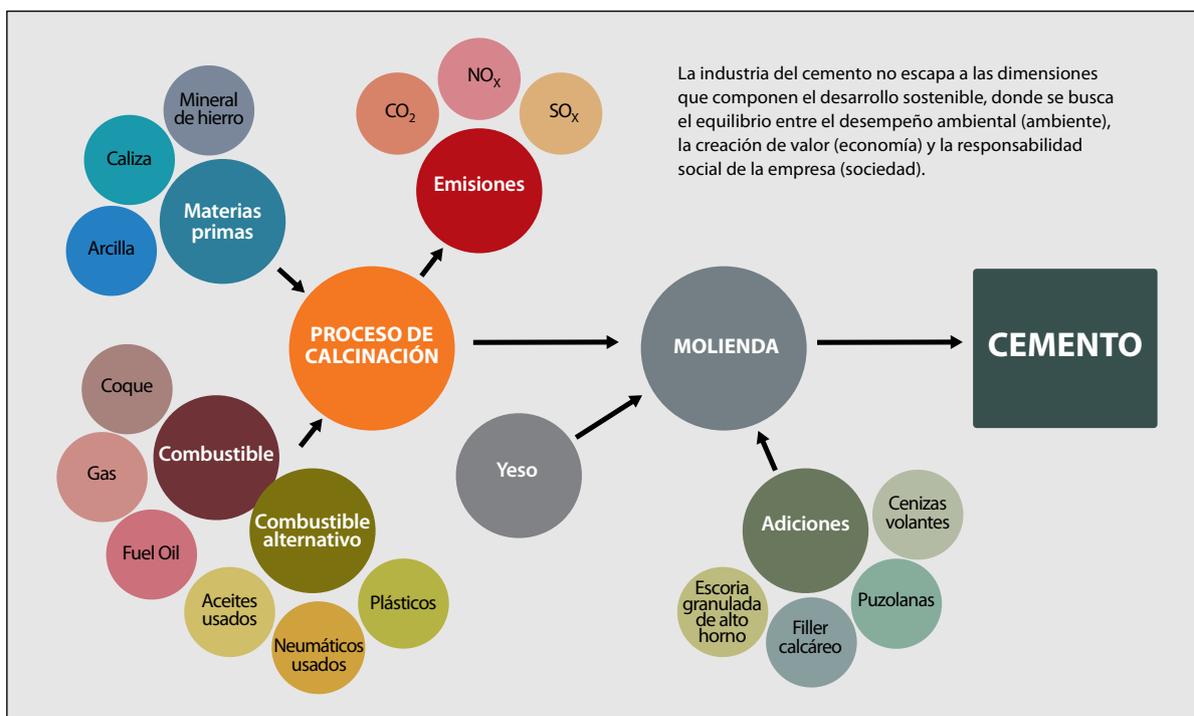
Se espera que la demanda llegue a los 18 billones de toneladas por año, a partir del 2050.

Sus componentes, es decir, el agua, los agregados fino y grueso, el cemento y los aditivos químicos, representan un impacto ambiental menor en su producción, respecto de otros materiales presentes en la industria de la construcción. Las canteras, fuentes originarias de las materias primas, tanto de los productos naturales (los agregados fino y grueso) como los artificiales (el cemento), pueden ser remediadas para ser empleadas como áreas recreativas, residenciales o comerciales, cuando se ha llegado al fin de su vida útil.

El hormigón tradicional resulta de la combinación y mezcla de los componentes mencionados, en pastones elaborados en plantas hormigoneras fijas o móviles.

Implica el desplazamiento de materiales, su mezcla y posterior traslado, demandando moderados consumos de energía, y generando al mismo tiempo, una cantidad pequeña de residuos.

Dado que el hormigón conforma un material casi inerte, resulta ideal para el reciclado de residuos y/o subproductos industriales.



Muchos materiales que serían depositados en rellenos sanitarios, pueden ser empleados para formar parte de una estructura de hormigón sostenible.

La escoria granulada de alto horno, el poliestireno reciclado y las cenizas volantes, se encuentran entre dichos materiales, los cuales pueden incluirse en la mezcla, sin crear ningún tipo de problemas.

Otros residuos, como por ejemplo, los neumáticos usados de los automóviles y el polvo del horno de cemento, pueden ser dispuestos como combustible o material alternativo, en el horno de cemento.

Adicionalmente, el hormigón antiguo, se puede volver a triturar para constituir un agregado secundario aplicado en nuevas mezclas de hormigón, evitando de esta manera el empleo de agregados vírgenes.

El hormigón conforma una mezcla típica que contiene una gran cantidad de agregados, rocas y arenas, una menor cantidad de ligante (cemento), junto con agua y aditivos químicos.

La mayoría de los mencionados componentes son productos manufacturados, sub-productos industriales o materiales extraídos de yacimientos naturales.

Otro tema para destacar de este versátil material, es el de la eficiencia energética.

Desde el momento de su producción, pasando por el transporte hasta la colocación y terminación en una construcción, el hormigón es modesto en las necesidades energéticas y generoso en sus retribuciones.

La única demanda intensiva de energía se encuentra en la fabricación del cemento Pórtland, típicamente un 10 a 15% como componente del hormigón.

Los materiales componentes del hormigón son de fácil disponibilidad, y por ello, puede producirse hormigón en forma local, en todas partes del país y del mundo.

El despacho local minimiza los requerimientos de combustibles para el manejo y transporte, con el consiguiente ahorro en la emisión de los Gases de Efecto Invernadero.

Una vez colocado y en funciones, el hormigón brinda ahorros de energía significativos durante la vida de una estructura, sea un edificio o un pavimento.

En casas y edificios de hormigón la masa térmica, reafirmada por la aplicación de materiales aislantes,



ofrece elevados factores de resistencia, lo cual evita bruscos cambios de temperatura mediante el ahorro, y la liberación de energía necesaria para el calentamiento y enfriamiento de los ambientes.

El diseño del pavimento de hormigón rígido significa que los camiones pesados consumen menos combustible por kilómetro recorrido, liberando en consecuencia, una menor cantidad de Gases de Efecto Invernadero, además del ahorro consiguiente.

El cuadro de la página anterior, grafica la forma de lograr un hormigón verde.

La naturaleza reflectiva a la luz del hormigón (albedo) lo convierte en menos costoso para iluminarlo, nuevamente disminuyendo la liberación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la generación de energía indirecta.

Otras características remarcables del hormigón son, el mínimo de residuos y su larga vida.

Si se lo moldea “in situ” o es premoldeado, el hormigón se usa sobre una base a medida que se lo necesita.

Los restos son fácilmente reutilizados o reciclados.

Además, es un material durable obteniendo resistencia a través del tiempo, conservando de esta manera, los recursos naturales no renovables, mediante la reducción del mantenimiento y la necesidad de la reconstrucción, por su mayor durabilidad.

El hormigón ha sido un material seguro y confiable por mucho tiempo, y seguirá en esa senda, para las futuras generaciones sucesivas en el mundo.

Esto desafía a la industria de la construcción para evaluar los métodos tradicionales de la selección de materiales y el diseño de las construcciones civiles.

Dentro de la producción llamada verde y en cuanto a su comportamiento, el cemento y el hormigón marchan juntos.

A continuación, destacamos una Tabla en la cual se comparan las características entre un hormigón tradicional y uno sostenible, en su aporte a las emisiones de CO₂ a la atmósfera:

CUADRO 1					
Material	kg de CO ₂ emitido por toneladas de H ^o	Hormigón tradicional		Hormigón verde	
		Cantidad por m ³ de H ^o	kg de CO ₂ emitido por m ³ de H ^o	Cantidad por m ³ de H ^o	kg de CO ₂ emitido por m ³ de H ^o
Cemento	1000	320	320	150	150
Escoria de alto horno	630		0	90	57
Cenizas volantes	0		0	70	0
Humo de sílice	0		0	10	0
Agregado grueso natural	135	1100	149	770	104
Escoria enfriada al aire	80		0	330	26
Agregado fino natural	63	800	50	560	35
Arena de escoria	80		0	240	19
Aditivo	0,21	2,5	0,0005	2,5	0,0005
Agua	0	180	0	0	0
Agua reciclada	0		0	180	0
Total		2402,5	519	2402,5	392

Tanto las canteras de agregados del hormigón como las de las calizas afectadas a la producción de clinker de cemento, son remediadas para el desarrollo de la tierra de manera recreativa y del manejo de aguas, luego de llegar al final de su vida útil.

El hormigón triturado del antiguo ya en desuso, puede proveer bases para un nuevo pavimento de autopistas o emplearse como agregado secundario para un hormigón nuevo.

Las armaduras de acero de rezago, incluyendo las más antiguas, se funden y emplean para moldear nuevas piezas.

Se disponen granulometrías seleccionadas de cenizas volantes a partir de la combustión de carbón y escoria granulada de alto horno, a partir de la producción de acero en mezclas de hormigón por razones de economía y características de comportamiento.

Muchos residuos comunes, tales como el poliestireno, se pueden reciclar como agregados en el hormigón.

El hormigón es naturalmente hidrófugo. Cuando se diseña, se coloca, termina y cura, garantizándose los recubrimientos o sellados a cualquier nivel -particularmente en aplicaciones residenciales-.

Al hormigón se lo puede pintar, pero no requiere necesariamente pintura para lograr un color dado o tono. Los pigmentos naturales -minerales- y los agentes colorantes (aditivos químicos), proveen una amplia gama de opciones para ser aplicados en autopistas, patios y pisos, por ejemplo.

Los suministros de cemento y hormigón son de naturaleza local o regional, y por esa razón, los requerimientos de energía o combustibles para su manejo y transporte resultan mínimos.

El hormigón elaborado y los productos de hormigón son suministrados desde áreas más alejadas. Brinda ventajas de un Ciclo de Vida superior, en términos de costo y servicio.

Una carretera bien construida o un sendero, por ejemplo, requieren poco o ningún mantenimiento, escaso recubrimiento o tratamiento químico.

Durante la vida en servicio de un pavimento, residencial u otro, la reducción del residuo final se incrementa mediante la eliminación por mantenimiento o la reconstrucción.

El hormigón, es especialmente adecuado para la construcción residencial, pues no se incendia, no se pudre, no se corroe, ni contiene insectos y alimañas.

La construcción en hormigón con propósitos residenciales resulta eficiente desde el punto de vista energético.

Las fundaciones de hormigón "in situ" y las paredes se integran fácilmente mediante sistemas aislantes de espuma. Las unidades de albañilería de hormigón proveen paredes y montajes altamente eficientes cuando se disponen con tabiques o rellenos de espuma. Se obtienen así valores térmicos adicionales a partir de los grandes huecos de aire aplicados en dichas unidades.

El clinker de cemento se obtiene como un producto derivado de la reacción entre la caliza (el componente calcáreo), y la arcilla, aportante de sílice, colocados en un horno rotatorio el cual se mantiene a una temperatura cercana a los 1450 °C.

Además del yeso, que siempre acompaña al clinker para producir el cemento con el objeto de regular el fraguado, aparecen involucrados algunos otros materiales, tanto naturales como artificiales, como por ejemplo, cenizas volantes, puzolanas, escoria granulada de alto horno, humo de sílice, para dar lugar a los diversos tipos de cementos binarios, ternarios y cuaternarios, que en el último caso, surgen de la presencia de componentes minoritarios.

En la producción del cemento, se generan emisiones de CO₂ de diferente origen. Por un lado, un 60% proveniente de la calcinación del material calcáreo y el 40% restante derivado de los combustibles empleados en el horno para tal fin.

El hormigón es un material de construcción que cuando se lo diseña, produce y emplea de modo apropiado, puede contribuir activamente al Desarrollo Sostenible.

EMPLEO DE COMBUSTIBLES Y MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS EN LA PRODUCCIÓN DEL CLINKER

En la etapa de la fabricación del clinker se puede inducir a emplear menos recursos naturales no renovables, tanto en las materias primas como en los combustibles, debido a que en la producción del insumo intermedio, se aplica el co-procesamiento de los combustibles alternativos o las materias primas alternativas (AFR, por sus siglas en idioma inglés), lo cual permite recuperar energía y materiales residuales de otros procesos industriales.

AGREGADOS REICLADOS

El hecho de sustituir algunos materiales en el proceso de elaboración del hormigón puede mejorar la sostenibilidad del material:

- El empleo de hormigón reciclado mezclado con los agregados naturales, en un reemplazo que se aconseja del orden del 20%, como máximo (Fuente: Reglamento Español EHE 08). En Argentina, la Norma IRAM 1531:2016 toma en consideración ese valor.
- El uso de materiales como la escoria granulada de alto horno, las cenizas volantes, las puzolanas.

Países como Holanda, admiten un 100% de agregado reciclado en hormigones estructurales, pues ese país no cuenta con provisión de agregado natural propio. En esa situación, el agregado reciclado conforma una solución razonable, no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también, económico y técnico.

PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN SOSTENIBLE

Se puede lograr incrementar la sostenibilidad si se observan algunas de las siguientes consideraciones:

- Tener en cuenta la resistencia a la compresión y porosidad, que pueden ser fácilmente adaptadas para respetar los criterios exigidos por las prestaciones ante las cuales se encuentra solicitada la estructura.
- La optimización del diseño del hormigón, basado en la disponibilidad de materias primas de origen local, de manera de minimizar la necesidad de transportar grandes masas de materiales, con el consabido ahorro de combustibles, y por lo tanto, menores emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- La incorporación de aditivos que influyen significativamente sobre las propiedades del hormigón, determinando la mejora de su calidad y de sus prestaciones relacionadas con diversos aspectos de la sostenibilidad.
- La mejora de la fluidez, reduciendo de esta manera, las emisiones de ruido y la energía requerida durante la puesta en obra.
- La optimización de la mezcla, acotando la energía incorporada y mejorando la eficacia de los componentes del cemento.
- La reducción de la permeabilidad, aumentando la durabilidad del hormigón.
- La reducción de los daños potenciales al ambiente como la corrosión inducida por la carbonatación de los cloruros en el ambiente marino y el ataque de los ciclos de congelamiento y deshielo, o aquellos debidos al ataque químico derivados de la presencia de los agentes agresivos en el terreno o en el agua.
- El incremento de la calidad que determina una mejoría de la terminación y una reducción de las intervenciones para el mantenimiento.

Hoy en día, cualquier producto de la industria de la construcción, independientemente de los materiales y de la tecnología empleados, debe ser pensado, proyectado, realizado, utilizado y valorado a la luz de su capacidad efectiva de contribuir, en términos positivos, al desarrollo económico y social, reduciendo drásticamente el impacto ambiental. Hablamos de un material “sostenible”.

Ello se logra cambiando sin reservas el modo en el cual las construcciones se proyectan y realizan, sabiendo que

existen diversos aspectos importantes a considerar. Un ejemplo, pero obviamente no el único, es la intensidad con la cual se emplean los recursos naturales no renovables. La elección de los materiales utilizados en los proyectos de ingeniería civil presenta un efecto significativo sobre la funcionalidad del largo plazo, sobre la durabilidad y los requisitos de mantenimiento.

Las calles, los túneles, los puentes, los aeropuertos y los puertos ayudan a resolver los problemas que surgen para poder desplazar mercancías y personas rápidamente, como corresponde a una sociedad moderna.

El hormigón es un material fácilmente adaptable a las condiciones climáticas del lugar en donde se instala la estructura, y a las condiciones de exposición allí imperantes.

En los proyectos a desarrollar se intenta reducir el CO₂ que incorporan los materiales de la construcción y las emisiones durante la Fase Constructiva, a pesar que, si se comparan éstas, con la necesaria para la utilización y mantenimiento de la estructura, esta última las supera ampliamente.

Por ejemplo, si se construye un puente de elevada concurrencia empleando -aproximadamente- 600 m³ de hormigón armado, el CO₂ incorporado en el puente de hormigón armado se calcula de la siguiente manera:

$$\text{CO}_2 \text{ incorporado} = 600 \text{ m}^3 \text{ de hormigón} \times 0,6 \frac{\text{t CO}_2}{\text{m}^3 \text{ de hormigón}} = 360 \text{ t}$$

En este ejemplo, se supone que cada m³ de hormigón armado emite a la atmósfera 0,6 t de CO₂ durante la producción del hormigón y sus componentes.

Éste es un valor normalmente utilizado para calcular la impronta del carbono del hormigón armado, incluyendo también, la actividad de la construcción realizada en obra.

Se observa la hipótesis respecto de la carga del tráfico diario soportado por el puente, estimándose en -aproximadamente- 5.000 vehículos.

Cada vehículo emite -aproximadamente- 200 g de CO₂ por cada kilómetro recorrido.

La impronta del carbono del puente puede ser convertida en kilometraje por vehículo, a través del siguiente cálculo:

$$\text{Kilometraje del vehículo} = \frac{360 \text{ t CO}_2}{5000 \text{ vehiculos} \times 200 \text{ g CO}_2 / \text{km}} = 360 \text{ km/vehículo}$$

Entonces, si la construcción del puente determina la reducción de la distancia necesaria de recorrer, para cada vehículo, se puede notar cómo ya después de un año, la reducción de la emisión de CO₂ debida al pasaje de los automóviles, sobrepasa el valor inicial de la impronta de CO₂ incorporado en el puente, determinando como resultado, una reducción neta de las emisiones del nocivo fluido.

EL HORMIGÓN RECICLADO: UNA NUEVA FUENTE DE AGREGADOS

La creciente demanda de agregados naturales resultante de una gran expansión de la urbanización, comprende una distribución no balanceada de los depósitos y una declinación seria en la disponibilidad cerca de las áreas urbanas cuando más se las necesita.

La optimización del empleo de recursos naturales disponibles requiere una estrategia de utilización global basada en variados criterios. Los mismos involucran claramente un uso selectivo y eficiente de los agregados naturales tradicionales.

Sin embargo, un elemento importante de utilización efectiva, es el desarrollo de reemplazos de los agregados convencionales y la adopción de fuentes suplementarias.

Las demoliciones frecuentes son el resultado de la obsolescencia económica, funcional y estructural, o sea, el final del ciclo de vida de una construcción civil.

El deterioro es generado por un número de factores, de causas concurrentes tales como la corrosión de las

armaduras, el ataque por sulfatos y/o cloruros, y el efecto deletéreo producido por las condiciones de ambientes extremos.

Los problemas planteados por la reconstrucción se relacionan con la disposición de los residuos de la demolición y la nueva adquisición de agregados minerales de alta calidad.

El reciclado de los escombros de hormigón después de una evaluación técnica adecuada, como material a reutilizar como agregado secundario, para una construcción nueva, ofrece una oportunidad tanto económica como ecológica.

Un material potencialmente bueno, considerado principalmente un residuo y en el presente ocupando un gran número de rellenos sanitarios, es beneficioso utilizarlo, porque disminuye la presión sobre los recursos disponibles, cada vez más difíciles de obtener por la legislación ambiental, y ayuda a resolver los problemas de disposición en las áreas urbanas, cada vez más complicadas por la demanda de espacios.

Factibilidad del empleo

El criterio clave para el uso de escombros de hormigón como agregado secundario, se basa en las consideraciones a cumplir mediante las especificaciones de comportamiento, siendo ello económicamente viable.

El agregado de escombros de hormigón ha sido debidamente probado como fuente técnica y económicamente factible como material de base y relleno en obras de pavimentación.

Las posibilidades técnicas normales para el procesado y la granulometría de los escombros demolidos, resultan ser muy promisorias.

Las plantas típicas de trituración convencionales procesan los escombros en el intervalo de 200 t/h a 250 t/h. Dichas plantas son móviles y se pueden desmantelar y establecer en el lugar, en aproximadamente, 4 a 6 horas.

En términos del actual uso de los escombros de hormigón como agregados para la construcción, sugieren una menor resistencia del pétreo artificial resultante preparado con el reemplazo parcial de hormigón reciclado triturado, dispuesto como agregado.

Sin embargo, algunas investigaciones demuestran que la resistencia del hormigón reciclado no impone ese hecho, siendo que la resistencia del hormigón basado en escombros puede ser más elevada, en relación con la de un hormigón tradicional.

Se realizaron estudios acerca de la resistencia al congelamiento y deshielo, más los cambios de volumen verificados en el hormigón reciclado, confirmándose que los escombros del hormigón pueden constituir un reemplazo satisfactorio del agregado de origen natural.

Se ha determinado que la resistencia a la compresión del hormigón con agregado reciclado es entre un 4% a un 14% menor que la del hormigón convencional de la misma composición. Se encontró que el efecto sobre el módulo de elasticidad era, sin embargo, más pronunciado, con un valor 40% inferior respecto del hormigón preparado con escombros de hormigón reciclado.

Sin embargo, estos datos no aplican en todos los casos, sino que dependen en buena medida de la calidad del reciclado y el porcentaje de reemplazo sobre el agregado natural.

Vale tener en cuenta además que un menor módulo de elasticidad puede resultar beneficioso para algunas aplicaciones, como por ejemplo, hormigones pobres para bases de pavimentos rígidos y hormigones de calzada, pues logran un aumento en la extensibilidad del hormigón, reduciendo en paralelo el riesgo de fisuración.

Antes que el uso del hormigón con agregado reciclado se vuelva una estrategia como fuente de recuperación aceptable para la industria de la construcción, es obvio que se necesitan más datos a obtener sobre otras propiedades importantes, especialmente, acerca de las características de durabilidad, resistencia y mecanismos de rotura.

El futuro impone el reciclado

Se puede predecir que en el curso de los próximos años, la industria de la construcción va a avanzar en el reciclado, por numerosas razones.

Entre ellas, la disminución de las reservas de arena y grava explotables y el aumento de precio de los agregados, como consecuencia del costo creciente del transporte, la menor disponibilidad de espacios para rellenos sanitarios y el elevado monto de las tasas municipales para la disposición final.

El reciclado del hormigón ahorra recursos, eliminando el enterramiento.

Con los sitios del relleno cada vez más escasos, y los costos de transporte y enterramiento incrementándose, tiene sentido el reciclado del hormigón antiguo como un agregado nuevo y con nuevas metodologías, no importa cuán armado se encuentre, siempre se puede reciclar.

Aunque las propiedades del hormigón difieren cuando se emplean agregados reciclados, no es necesaria ninguna técnica de construcción especial para realizar, por ejemplo, la pavimentación con un hormigón preparado con agregados procedentes de un hormigón reciclado.

Además de las autopistas, los diseñadores pueden especificar el agregado reciclado en senderos, cunetas, subestructuras de puentes, barreras medianeras, caminos residenciales, para el control de la erosión, y en rellenos generales y estructurales.

Se puede emplear también en sub-bases, soportando capas tales como bases tratadas con cemento, bases no estabilizadas y bases permeables.

El agregado fino de la operación de triturado también constituye un buen relleno para las construcciones de la sub-rasante.

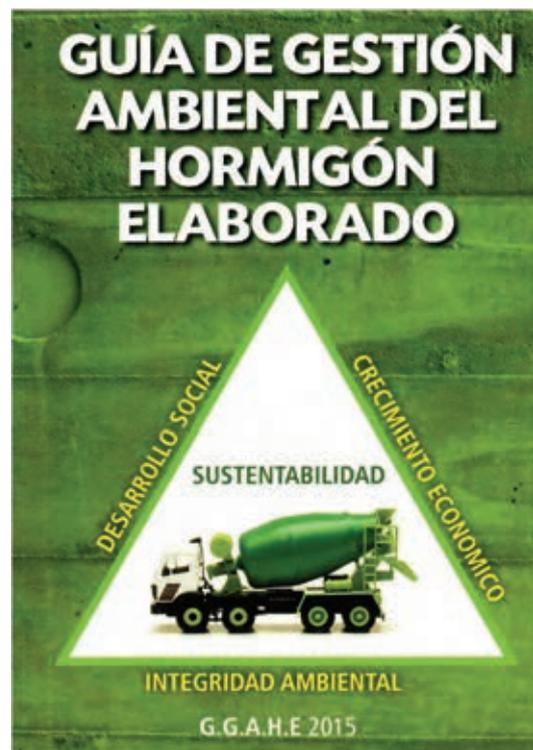
Estas partículas finas recicladas actúan como un agente impulsor cuando se las mezcla con suelo de la

sub-rasante (para corregir las sub-rasantes débiles) teniendo en cuenta la alta capacidad de absorción de agua que presentan.

GUÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL HORMIGÓN ELABORADO (GGAHE)

Asociación Argentina del Hormigón Elaborado (AAHE)

La primera Guía de Gestión Ambiental del Hormigón Elaborado (GGAHE), específica para nuestra industria, fue redactada por miembros de la Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, motivados en acrecentar la conciencia y acción sobre la Responsabilidad Social Empresaria de sus asociados y, en particular, respecto de los temas de medio ambiente.



Esta Guía tiene como objetivo principal aportar lineamientos sobre los requerimientos necesarios para minimizar el impacto ambiental en el proceso productivo del Hormigón Elaborado, acompañado por las deman-

das de las legislaciones locales, más las normativas y prácticas específicas de esta industria, tanto en otros países de la región como del mundo.

Los parámetros sobre acciones mitigadoras -categorizadas como "de mínima", "recomendables" y "óptimas"-, motivan iniciar el camino hacia una mejora continua de las condiciones ambientales que, con certeza, conducirán al crecimiento de la empresa que las ejecute.

Reproducimos, a continuación, los principales conceptos de la Guía de Gestión Ambiental del Hormigón Elaborado (GGAHE).

1. Gestión ambiental del aire

El proceso productivo del hormigón elaborado puede generar al ambiente emisiones de material particulado (cemento, polvos de agregados, partículas de combustión diesel, etc.) que afectan la calidad del aire con impactos de variada significancia.

El grado de estas emisiones depende de la magnitud de la operación, las condiciones climáticas, la infraestructura, de la tecnología de los equipos y de las acciones de mitigación que cada empresa adopte para minimizar el impacto ambiental, además de la responsabilidad para cumplir con las reglamentaciones vigentes.

La forma más habitual de evaluar el potencial impacto de una operación de este tipo de industria sobre el ambiente en que se encuentra emplazada, se determina con la medición de la concentración de partículas de polvo.

En virtud de ello, a nivel mundial, la calidad del aire se mide y controla con la determinación de la fracción respirable denominada PM₁₀, que representa la concentración de partículas menores a los 10 micrones de diámetro.

Estas partículas de menor tamaño son aquellas que, desde el punto de vista de la salud de las personas, pueden generar problemas en el aparato respiratorio.

Técnicamente, la EPA (Environmental Protection Agency de los Estados Unidos) establece una división en la definición de material particulado, clasificando dichas partículas en finas y gruesas, donde puede observarse la diferencia del origen de ambos tamaños de partículas.

Partículas Finas: Son las más pequeñas (aquellas con menos de 2,5 micrones de diámetro), pudiendo detectarse sólo con un microscopio electrónico.

Partículas Gruesas: Se ubican entre los 2,5 y 10 micrones de diámetro y provienen de procesos de molienda y trituración además del polvo que puede generar la operación (descarga y carga de agregados, tránsito interno).



Rejilla de contención para el lavado de neumáticos

MARCO LEGAL

Para elaborar el presente documento se tuvo en cuenta la siguiente normativa:

- Ley Nacional N° 20.284, Contaminación Atmosférica.
- Ley 5.965, Decreto 3.395/96, Resolución 242/97 de la provincia de Buenos Aires.
- Ley 1.356, Decreto 198/06, Anexo III. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

FUENTES DE EMISIÓN

Como definición general, podemos tener emisiones de dos tipos:

- **Emisiones de fuente fijas:** Procedentes de chimeneas, tuberías, mangueras, ventilación o escapes (Por ejemplo, mangueras de descarga, traslado de cemento, del escape del motor de un camión mixer, de la pala cargadora frontal, o de grupos electrógenos).
- **Emisiones Difusas:** Procedentes de sectores de la planta que no cuentan con algunos de los mecanismos mencionados en las fuentes fijas. (Por ejemplo, el sector de acopio de áridos).

Dentro de las plantas de hormigón podemos encontrar diferentes fuentes de emisión de material particulado.

La identificación de las fuentes permite analizar su emisión para establecer algunas acciones mitigadoras. Estas medidas deben ser adoptadas con el objetivo de minimizar la emisión de partículas al aire y ubicar los valores adecuados dentro de la reglamentación vigente.

- Ingreso y egreso de materias primas.
- Acopio de materias primas.
- Tolva de alimentación de áridos a la planta de hormigón.
- Cintas transportadoras de áridos.
- Zona de carga de camiones mixer.
- Zona de tránsito interno de camiones y pala cargadora.
- Material sólido procedente de las piletas de lavado.



Riego por aspersión en la zona de acopio



Muros de contención



Sistemas de filtros en silos de cemento y adiciones

Operación de procesamiento, trituración y zarandeo de agregados reciclados de demolición (algunas plantas de hormigón pueden tener algún sector del predio afectado a esa operación).

PARÁMETROS

El parámetro de control más relevante es el PM₁₀. La medición de PM₁₀ se lleva a cabo durante 24 horas continuas y, mediante probados modelos matemáticos, se puede extrapolar el valor a los 30 días y a 1 año.

Las legislaciones vigentes a nivel nacional y provincial establecen límites para el PM₁₀, que en general, son coincidentes y se correlacionan con los límites internacionales:

- Límite PM₁₀ a 24 horas = 0,150 mg/m³
- Límite PM₁₀ a 1 año = 0,050 mg/m³
- Límite Material Particulado sedimentable a 30 días = 1 mg/cm²

MÉTODOS DE MEDICIÓN

El monitoreo de calidad del aire debe realizarse, al menos una vez al año, contratando un laboratorio especializado en la metodología de ensayo con el equipamiento necesario y la habilitación de la autoridad de aplicación en el rubro, asegurando el correcto tratamiento de las muestras que se toman en el campo, mediante protocolo de cadena de custodia.

Asimismo, la empresa puede realizar monitoreos internos periódicos de calidad del aire para un mayor control de las emisiones generadas por la planta (Autocontrol).

Para realizar el ensayo, se determinan en un croquis del predio un mínimo de 4 puntos coincidiendo con los cardinales sobre el perímetro del predio o línea municipal.

Esos 4 puntos podrán ser definidos por la autoridad competente, quien además puede solicitar puntos de muestreo adicionales tanto en el predio analizado como en linderos que se consideren perjudicados en función de los vientos predominantes.

También, resulta posible que la determinación de los 4 puntos deba modificarse con el tiempo, buscando

los lugares más críticos respecto de la emisión de polvo en la atmósfera.

ACCIONES MITIGADORAS

- Ingreso y egreso de materias primas.
 - Equipos de transporte con sistema de cobertura (lona).*
 - Lavado de neumáticos.*
 - Riego de materiales sobre camión en área predefinida.*
- Acopio de materias primas.
 - Sistema de riego por aspersión en zona de acopios.*
 - Barreras de contención de acopios.*
 - Cobertura de acopios.*
 - Piso impermeable.*
 - Piso con material granulado consolidado.*
 - Sistema de filtros en silos de cemento y adiciones.*
 - Sistema de control de llenado de silos.*
 - Venteos controlados en operaciones de descarga de cemento y/o traslado con mangueras sumergidas en tambores de 200 litros con agua.*
- Trolva de alimentación de áridos a la planta de hormigón.
 - Box con cortina/Sistema de aspersión con agua.*
- Cintas transportadoras.
 - Cobertura total de cintas.*
 - Bandejas de recolección en zona de raspadores.*
- Zona de carga de camiones mixer.
 - Box con cortina.*
 - Sistemas de captura de polvo.*
- Zona de tránsito interno.
 - Zonas de circulación pavimentadas.*
 - Sistema de aspersión con agua.*
 - Riego manual de playa de maniobras.*
 - Sistema de barrido mecánico.*
 - Sistema de recolección de material vertido al piso.*
 - Zona de lavado de mixer antes de salir de planta.*
 - Sistema de lavado de ruedas a la salida de planta.*
- General.
 - Barreras naturales perimetrales al predio.*
 - Muro perimetral.*



Vista interior del Box de carga



Vista exterior del Box de carga con cortina



Cintas transportadoras con cobertura de lona



Planta pavimentada



Cinta transportadora con cobertura metálica



Piso impermeable en toda la planta



Carga de Mixer sin acción mitigadora de polvo

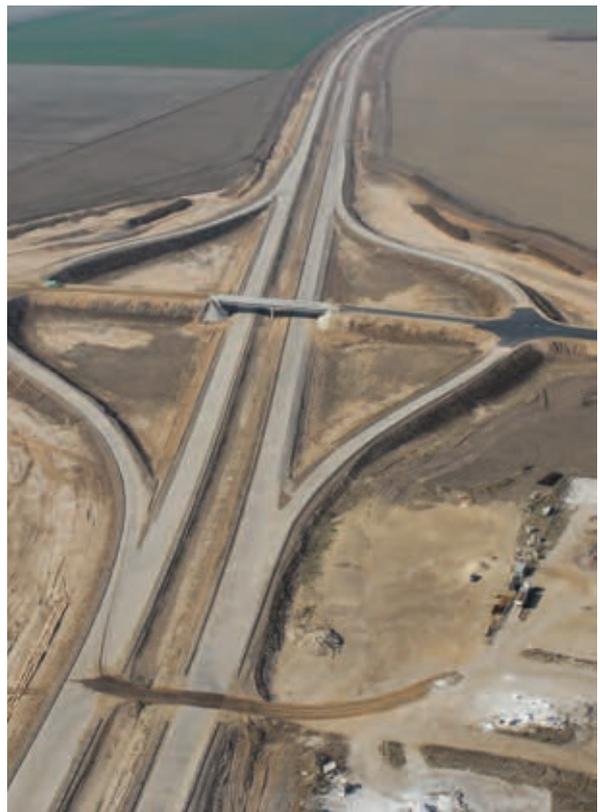


Sistema de captura de polvo en punto de carga



Barreras naturales

El monitoreo de calidad del aire debe realizarse, al menos una vez al año, contratando un laboratorio especializado en la metodología de ensayo con el equipamiento necesario y la habilitación de la autoridad de aplicación en el rubro, asegurando el correcto tratamiento de las muestras que se toman en el campo, mediante protocolo de cadena de custodia.



CUADRO DE ACCIONES MITIGADORAS EN LA EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

OPERACIÓN DE PLANTAS DE HORMIGÓN ELABORADO		Fuentes contaminantes	Mitigación
	Ingreso de materias primas		Equipos de transporte con sistema de cobertura
			Lavado de ruedas
			Riego de materiales sobre camión de área predefinida
	Acopio de materias primas		Sistema de riego por aspersión en zonas de acopio
			Barreras de contención de acopios
			Cobertura de acopios
			Piso impermeable
			Piso con material granulado consolidado
			Sistema de filtros en silos de cemento y adiciones
			Sistema de control de llenado de silos
			Venteos controlados en operaciones de descarga de cemento y/o traslado con mangueras de sumergidas en agua (tambores de 200 l)
	Tolva de alimentación de áridos		Box con cortina / Sistema de aspersión con agua
	Cintas transportadoras		Cobertura total de cintas
			Bandejas de recolección en zona de raspadores
	Zona de carga de camiones mixer		Box con cortina
			Sistema de captura de polvos
	Zonas de tránsito interno		Zona de circulación pavimentadas
			Riego manual de playa de maniobras
			Sistema de aspersión con agua
			Sistema de barrido mecánico
		Sistema de recolección de material vertido al piso	
		Zona de lavado de mixer antes de salir de planta	
		Sistema de lavado de ruedas a la salida de la planta	
Sólidos residuales de piletas		Evitar en zona de acopio su pérdida total de humedad	
		Piso impermeable	
		Transporte de residuos en equipos cubiertos	
General		Barreras naturales perimetrales al predio	
		Muro perimetral	
TRITURACIÓN (Para plantas que lo poseen)	Ingreso de material crudo		Equipos de transporte con sistemas de cobertura
			Lavado de ruedas
			Zona específica para riego de materiales sobre camión
	Acopio de material crudo		Sistema de riego por aspersión
	Tolvas de alimentación de crudo		Box con cortina/Sistema de aspersión con agua
	Cintas transportadoras		Cobertura total de cintas
			Sistema de shut en salida de cintas
			Sistema de aspersión de agua en salida de cintas
Acopios de producto terminado		Sistema de riego por aspersión	

- Acción de Mitigación Mínima recomendada para operación
- Acción de Mitigación Recomendada / Oportunidades de Mejora
- Acción de Mitigación de Condición Óptima

2. GESTIÓN AMBIENTAL DEL AGUA

Siendo que el agua es un elemento esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida, y muy importante en el proceso productivo del hormigón elaborado, requiere una gestión ambiental de dicho recurso (reciclado, reducción de consumo y control de volcado) para minimizar su demanda y efecto en el medio.

La cantidad de habitantes del planeta crece rápidamente y, en consecuencia, la utilización del agua se incrementa aún más.

El consumo del agua dulce en el mundo aumentó seis veces en el último siglo y sigue acrecentándose a medida que aumenta la demanda doméstica e industrial.

Ello obliga a las empresas a ser más responsables en su uso.

La utilización racional del agua, sumado a un análisis técnico de las dosificaciones mediante una buena granulometría de los agregados y, fundamentalmente, el uso de aditivos reductores de agua, permitirá optimizar el recurso hídrico.

MARCO LEGAL

Para elaborar el presente documento se tuvieron en cuenta las siguientes normativas:

- Ley de la provincia de Buenos Aires N° 12.257 - Decreto N° 3.511/07.
- Ley de la provincia de Buenos Aires N° 5.965 – Decreto N° 2.009/60 - Decreto N° 3.970/90.
- Decretos INA N° 674/89 y N° 776/92.
- Resolución ADA N° 336/03.
- Norma IRAM N° 1.601.

FUENTES DE EMISIÓN (USO Y GENERACIÓN)

El agua necesaria para el proceso productivo podrá ser suministrada de la red, o captada por perforaciones propias que deberán gestionarse ante la autoridad competente, o de ríos o lagos con el correspondiente permiso de explotación del recurso hídrico.

En el proceso productivo del hormigón elaborado están presentes algunas de las siguientes fuentes de generación de agua residual y uso:

- Lavado de camiones después de cada carga (canaleta y embudo).
- Lavado al finalizar la jornada (interior de trompo).
- Lavadero de equipos móviles (chasis y carrocería).
- Lavado de ruedas (entrada y salida de plantas).
- Agua de riego de acopios que escurre.
- Agua de limpieza de piso en zonas de circulación de la planta.
- Agua de producción.
- Laboratorio.

PARÁMETROS

Serán los que fija la Normativa Legal según el organismo de incumbencia en donde se encuentre situada la planta, y de acuerdo al receptor de vuelco, en el caso de contar con el correspondiente permiso.

Las Plantas Elaboradoras de hormigón con sus sistemas de recuperado, deben reutilizar al máximo las aguas residuales, y también, considerar la captación de aguas de lluvia.

MÉTODOS DE MEDICIÓN

Las Empresas elaboradoras de hormigón podrán verter agua sólo en el caso de contar con permiso de vuelco por parte de las autoridades locales de Medio Ambiente o del Municipio. Para ello, deberán atender la normativa de los mismos en cuanto a controles y límites exigidos por dicho organismo.

Las muestras para estudios fisicoquímicos se recogerán en botellas de vidrio o polipropileno cuidadosamente lavadas con detergente y agua caliente. Finalmente, serán enjuagadas con agua destilada o desmineralizada. Deberán estar visiblemente limpias y no poseer coloración alguna que delate una contaminación.

Las muestras para estudios bacteriológicos se recogerán en recipientes comerciales esterilizados y perfectamente lacrados de origen.

CANTIDAD DE MUESTRA

El volumen de la muestra debe ser suficiente para poder realizar todos los análisis necesarios, por lo general, no conviene que sea inferior a 1,5 o 2 litros para los ensayos Fisicoquímicos y 250 ml para los Bacteriológicos.

PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA

Se tomarán muestras representativas del agua objeto de la prueba, utilizando técnicas asépticas para evitar su contaminación:

- Al hacer la toma de muestra dejar un espacio aéreo en la botella para facilitar la mezcla por agitación antes de proceder al estudio.
- Las botellas que vayan a utilizarse se mantendrán cerradas hasta el momento de llenarlas.
- Se retirarán los tapones y las tapas a la vez, para no contaminar la superficie interna del tapón, la tapa o el cuello de la botella.
- Se llenará la botella sin enjuagarla, cerrándola inmediatamente con el tapón y la tapa.

AGUA POTABLE DE RED O DE POZO

- Se elegirá un grifo al que llegue el agua por una tubería conectada directamente con la principal.
- Si se va a tomar una muestra de pozo con bomba de mano, se bombeará agua durante alrededor de 5 minutos antes de efectuar la toma.

AGUA SUBTERRÁNEA

- a) **Pozos:** Ídem agua potable de red.
- b) **Freatímetros:** Se efectuará la toma de muestra introduciendo un balde plástico cediendo la cuerda que lo sostiene, hasta llegar al fondo del ducto donde se encuentra el nivel freático.



Piletas de decantación



Lavado de equipos al finalizar la jornada

SUMINISTRO DE AGUA SIN TRATAR

Cuando se realicen tomas directas de ríos, lagos, piletas de tratamiento o fuentes, se obtendrán muestras representativas del agua que llega a los consumidores, o a profundidades requeridas por el muestreo.

No es conveniente tomar muestras demasiado cerca de la orilla o demasiado lejos del punto de extracción, ni a una profundidad superior o inferior a la de dicho punto.

AGUAS RESIDUALES

Las muestras deben ser tomadas en el punto de salida hacia la colectora cloacal, desagüe pluvial o curso de agua directamente sobre el vertedero o el conducto de descarga en caso de evaluar los parámetros de vuelco.

CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación entre el momento de efectuar la toma y la instancia del análisis, se debe mantener la muestra a la menor temperatura posible.

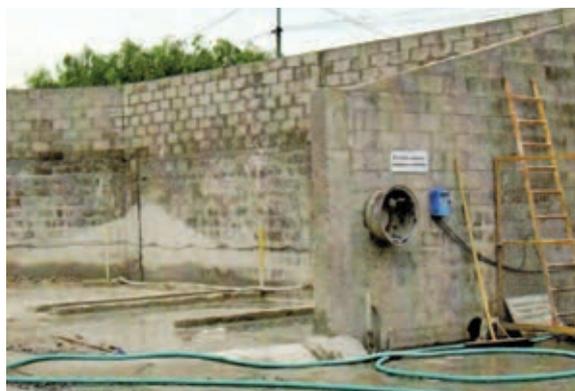
EQUIPOS DE MUESTREO

- Pescador para piletas y cámaras de aforo.
- Bailers para fretímetros.

ACCIONES MITIGADORAS

- Lavado de camiones después de cada carga (canaleta y embudo).
- Piso impermeable en la zona de carga.
- Piletas de lavado.
- Rejillas de contención en zona de lavado.
- Sistemas de recuperación del agua (decantación).
- Lavado al finalizar la jornada (interior de trompo).
- Rejillas de contención en la zona de lavado.
- Piso impermeable en la zona de lavado.
- Sistemas de recuperación del agua (decantación).
- Lavadero de equipos móviles (chasis y carrocería).
- Delimitación con rejillas de recolección en la zona de lavado de equipos.
- Piso impermeable en la zona de lavado de equipos.
- Lavado de ruedas.
- Delimitación con rejillas de recolección en la zona de lavado de ruedas.
- Piso impermeable en la zona de lavado.
- Agua de riego de acopios que escurre Recolección en rejillas.
- Piso impermeable en la zona de acopio de áridos.

- Sistemas de recuperación del agua (decantación).
- Agua de limpieza de piso en zonas de circulación de la planta.
- Rejillas de contención perimetral.
- Sistemas de recuperación del agua (decantación).
- Piso impermeable en la zona de circulación.
- Agua de producción.
- Rejillas de contención en zona de carga de mixer.
- Sistemas de recuperación del agua (decantación).
- Piso impermeable en zona de carga.
- Laboratorio.
- Rejillas de contención en laboratorio con derivación a pileta de lavado.



Sector de lavado de equipos



Lavadero de equipos móviles con rejilla de contención

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA

Los sistemas de recupero de agua deberán reutilizar al máximo las aguas residuales generadas en la operación y estarán diseñados para coleccionar los volúmenes

provenientes de los diferentes procesos, como así también, es recomendable la captación de agua de lluvia.

Es importante destacar que el agua proveniente del lavado de equipos podrá contener trazas de hidrocarburos, los cuales son contaminantes, y los efluentes generados deberán ser tratados en forma separada en una pileta o planta para su disposición final.

por lo tanto, deben ser considerados dentro del programa de gestión ambiental.

Es necesario comprender que las buenas prácticas en la producción del hormigón elaborado permiten mitigar las emisiones sonoras, especialmente cuando las plantas elaboradoras se ubiquen en zonas urbanas.

CUADRO DE ACCIONES MITIGADORAS EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL AGUA	
Fuentes contaminantes	Mitigación
Lavado de camiones después de cada carga (Canaleta y Embudo)	Piso impermeable en la zona de carga
	Pileta de lavado
	Rejillas de contención en zona de lavado
	Sistemas de recuperación del agua (decantación)
Lavado al finalizar la jornada (interior del trompo)	Rejillas de contención en zona de lavado
	Piso impermeable en la zona de lavado
	Sistemas de recuperación del agua (decantación)
Lavadero de equipos móviles (chasis y carrocería)	Delimitación de zona de lavado de equipos
	Piso impermeable en la zona de lavado
Lavado de ruedas	Delimitación con rejillas de recolección en la zona de lavado de ruedas
	Piso impermeable en la zona de lavado de equipos
Agua de riego de acopios (Con escurrimiento)	Recolección en rejillas
	Piso impermeable en la zona de acopio de áridos
	Sistema de recuperación de agua (decantación)
Agua de limpieza de piso en zona de circulación	Rejillas de contención perimetral
	Sistemas de recuperación de agua (decantación)
	Piso impermeable en la zona de circulación
Agua de producción	Rejillas de contención en zona de carga de mixer
	Sistemas de recuperación de agua (decantación)
	Piso impermeable en zona de carga
Laboratorio	Rejillas de contención en laboratorio con derivación a pileta de lavado

-  Acción de Mitigación Mínima recomendada para operación
-  Acción de Mitigación Recomendada / Oportunidades de Mejora
-  Acción de Mitigación de Condición Óptima

GESTIÓN DEL RUIDO

Toda actividad humana genera ruidos de mayor o menor intensidad.

El proceso productivo del hormigón no está exento,

MARCO LEGAL

Para elaborar el presente documento se tuvo en cuenta la siguiente normativa:

- Proceso de carga del camión mixer.

- Movimiento de camiones en planta y palas cargadoras.
- Compresores.
- Generadores eléctricos.
- Descarga de materias primas.
- Planta trituradora de hormigón.
- Timbres, alarmas y/o sirenas.

PARÁMETROS

- Ley N° 1.540, Decreto N° 740/07, CABA.
- Norma IRAM N° 4.062/01.
- Artículo N° 2.618, Código Civil Argentino.

FUENTES DE EMISIÓN

En las diferentes plantas productoras de hormigón elaborado podemos identificar las siguientes fuentes potenciales de ruido:

- Plantas dosificadoras y mezcladoras.
- Vibradores de tolvas.

Las plantas dosificadoras y mezcladoras de hormigón permanecen emplazadas en múltiples y variadas ubicaciones, lo cual, en relación al ruido, genera condiciones y efectos muy diversos.

En la actualidad, existen normativas que toman diferentes parámetros y métodos de medición.

Por ello es que para definir los valores límites de emisión de ruido, nos basamos en las mediciones realizadas en el límite del predio donde se ubica la planta.

En cuanto a la zonificación, se establecen distintas áreas de influencia y los límites máximos permitidos en cada una.

DEFINICIONES DE ÁREAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA

• **Tipo I:** Área de silencio, zona de alta sensibilidad acústica. Comprende aquellos sectores que requieren una especial protección contra el ruido tendiente a proteger o a preservar zonas de tipo:

- Hospitalario.
- Educativo.
- Áreas naturales protegidas.
- Áreas que requieran protección especial.

ÁREAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA		
Tipo de Área	Período diurno (6.01 h a 22.00 h)	Período nocturno (22.01 h a 6.00 h)
Tipo I (Área de silencio)	60	50
Tipo II (Área levemente ruidosa)	65	50
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	70	60
Tipo IV (Área ruidosa)	75	70
Tipo V (Área especialmente ruidosa)	80	75

- **Tipo II:** Área levemente ruidosa, zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende aquellos sectores demandantes de una protección alta contra el ruido con predominio del uso residencial.
- **Tipo III:** Área tolerablemente ruidosa, zona de moderada sensibilidad acústica, que comprende aquellos sectores demandantes de una protección media contra el ruido con predominio del uso comercial.
- **Tipo IV:** Área ruidosa, zona de baja sensibilidad acústica, que comprende aquellos sectores que requieren una menor protección contra el ruido con predominio del uso industrial.
- **Tipo V:** Área especialmente ruidosa, zona de muy baja sensibilidad acústica, la cual abarca aquellos sectores afectados por infraestructuras de transporte (público automotor de pasajeros, automotor; autopistas, ferroviario, subterráneo, fluvial y aéreo) y espectáculos al aire libre.

MÉTODO DE MEDICIÓN

Las mediciones de ruido estable, fluctuante o impulsivo, se efectuarán con un medidor de nivel sonoro integrador (o sonómetro integrado), o con un dosímetro, que cumplan como mínimo con las exigencias señaladas para un instrumento Tipo 2, establecidas en las normas IRAM N° 4.074:1988 e IEC N° 804-1985, o las originadas de su actualización o reemplazo.

Las mediciones deberán realizarse bajo condiciones climáticas normales, según la zona donde se ubique la planta y de acuerdo a la siguiente metodología:

- Identificación de las principales fuentes de emisión sonora.
- Realizar la primera medición, sobre la línea municipal o medianera, en el punto más cercano a la fuente principal.
- Se deben completar, como mínimo, 4 mediciones sobre el total del perímetro de la planta siguiendo la orientación de los puntos cardinales. Habrá entonces una medición Norte, una Sur, una Este y una Oeste.
- Cada medición se debe realizar sobre la línea medianera o municipal, y siempre en el punto más cercano a la fuente de emisión.



Box de carga

ACCIONES MITIGADORAS

Los niveles de ruido que afectan al medioambiente pueden reducirse siguiendo algunas de las siguientes acciones:

Mitigadores generales de ruido al vecindario: Se aplicarán para atenuar las fuentes de emisión de difícil intervención en particular (descargas de materias primas, vibradores, alarmas, timbres y/o sirenas). Plantación de árboles en perímetro. Plantación de cerco verde de baja altura. Construcción de muro perimetral. Instalación de paneles acústicos.

Plantas dosificadoras y mezcladoras. Vibradores de tolvas: Montaje de motores sobre apoyos de goma (también reduce las vibraciones).

Insonorización de motores: Silenciadores en electroválvulas.

Reductor de impacto por caída de agregados: Recubrimiento interior de tolvas con materiales atenuantes del ruido.

Reducción de altura de caída de agregados: Mantenimiento preventivo.

Proceso de carga del camión mixer: Box de carga con atenuación de propagación de ruidos.

Reductor de impacto por caída de agregados: Recubrimiento interior de tolvas con materiales que atenúen el ruido. Mantenimiento preventivo.

Movimiento de camiones en planta y palas cargadoras: Mantenimiento preventivo.

Compresores. Generadores eléctricos. Instalación de cabina insonorizada: Montaje sobre apoyos de goma (también, reduce las vibraciones).

Mantenimiento preventivo: Planta trituradora de hormigón. Todas las acciones que sean aplicables de Planta Dosificadora.

Construcción de muro perimetral. Construcción de talud de tierra.

Cuando se planea la instalación de una nueva unidad productiva o la modificación de una existente, se considerará la disposición de la planta dosificadora lo más lejos posible de las medianeras y/o líneas municipales.



Planta trituradora para reciclado

GESTIÓN AMBIENTAL DE DERRAMES

En el proceso productivo del hormigón se pueden presentar situaciones de derrames, tanto dentro de la planta como en la vía pública (transporte y descarga de hormigón), por lo tanto, la gestión ambiental responsable requiere contemplar dichas contingencias.

CUADRO DE ACCIONES MITIGADORAS EN LAS GESTIÓN DEL RUIDO		
OPERACIÓN DE PLANTAS DE HORMIGÓN ELABORADO	Fuentes contaminantes	Mitigación
	Mitigadores generales de ruido al vecindario	Plantación de árboles en perímetro
		Plantación de cerco verde de baja altura
		Construcción de muro perimetral
		Instalación de paneles acústicos
	Planta dosificadora/mezcladora vibradores de tolvas	Instalación de motores sobre montajes o apoyos de goma (También reduce vibraciones)
		Insonorización de motores
		Silenciadores en electroválvulas
		Reductor de impacto por caída de agregados
		Recubrimiento interior de tolvas con materiales que atenúen el ruido
Reducción de altura de caída de agregados		
Proceso de carga de camión mixer	Mantenimiento preventivo	
	Box de carga con atenuación de propagación de ruidos	
	Reductor de impacto por caída de agregados	
	Recubrimiento interior de tolvas con materiales que atenúen el ruido	
Movimiento de camiones en planta y palas cargadoras. Alarmas de retroceso	Mantenimiento preventivo	
	Mantenimiento preventivo	
Compresores, generadores eléctricos	Instalación de cabina insonorizada	
	Montajes sobre apoyos de goma (también reduce vibraciones)	
	Mantenimiento preventivo	
Planta trituradora	Todas las acciones que sean aplicables de Planta Dosificadora	
	Construcción de muro perimetral	
	Construcción de talud de tierra	

- Acción de Mitigación Mínima recomendada para operación
- Acción de Mitigación Recomendada / Oportunidades de Mejora
- Acción de Mitigación de Condición Óptima

1. Derrames dentro de la planta productora de Hormigón

En este punto, la primera versión de esta Guía se limita a la recomendación de:

- Identificar las fuentes de potenciales derrames dentro de la planta.
- Acciones mitigadoras en cada una de ellas.
- Sugerir que cada empresa, con el apoyo de su responsable de seguridad y medio ambiente, elabore procedimientos de acción para el caso donde se produzcan dichos incidentes.

Fuentes de potenciales derrames:

- Almacenamiento y carga de combustibles.
- Depósitos en zona de operación de aceites y lubricantes.
- Cemento y adiciones.
- Almacenaje y carga de aditivos.
- Hormigón en estado fresco.

2. Derrames en la vía pública

Los derrames en la vía pública, además de la relevancia ambiental, tienen un impacto negativo sobre la imagen de la industria y de la empresa productora, por lo tanto, requieren de una acción inmediata de remediación, y además, una acción correctiva capaz de evitar la reiteración del hecho.

Cada empresa, con el apoyo de su responsable de seguridad y medio ambiente, debe elaborar un procedimiento de acción para los potenciales incidentes.



Derrame en la vía pública



Mixer con convertor de canaleta

Fuentes de potenciales derrames:

- Aditivos.
- Combustibles, aceites y lubricantes.
- Hormigón en estado fresco.



Murete antiderrame de aditivos



Muro antiderrame

CUADRO DE ACCIONES MITIGADORAS PARA DERRAMES DENTRO DE LA PLANTA		
OPERACIÓN DE PLANTAS DE HORMIGÓN ELABORADO	Fuente de potencial derrame	Mitigación
	Almacenamiento, carga y descarga de combustible	Dique de contención por potenciales fallas de sistema
		Piso impermeable con rejillas perimetrales y sistema para captación de derrames
	Almacenamiento de lubricantes y grasas	Bandejas de contención en áreas de mantenimiento
		Rejilla perimetral en zona de carga de combustibles y almacenamiento de lubricantes y aceites
		Cámara de separación de líquidos (agua/hidrocarburos)
	Almacenamiento, carga y descarga de aditivos	Válvula de sobrepresión en el silo
		Filtros de manga en la parte superior del silo
		Alarma sonora de llenado de silo
		Sistema de control de nivel por golpe
Sistema de corta corriente al llegar al nivel de descarga		
Bloqueo de las bocas de carga con tapa y candado		
Cemento y adiciones	Procedimiento o instructivo de traslado de material cementicio y adiciones	
	Dique de contención para potenciales fallas de cisternas	
Carga, ajuste de hormigón	Piso impermeable en estas áreas para facilitar la recolección de potenciales derrames de hormigón	

- Acción de Mitigación Mínima recomendada para operación
- Acción de Mitigación Recomendada / Oportunidades de Mejora
- Acción de Mitigación de Condición Óptima

GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS

Toda actividad humana genera residuos. El proceso productivo del hormigón no está exento, por lo tanto, deben ser considerados dentro del programa de gestión ambiental.

Se entiende por residuo a todos aquellos elementos o componentes de una actividad o proceso entendidos como sobrantes o restos.

Dependiendo de sus características, se clasifican en domésticos o industriales, o bien, por su estado físico, en sólidos, semisólidos o fluidos.

Esta primera versión de la Guía establece como crite-

rio de Gestión Ambiental la identificación de las fuentes de residuos generados por la operación, clasificados según sus características y aquellos que no han podido ser reutilizados, sean dispuestos según su clasificación.

- **Residuos domésticos (comedor y oficina):** Se dispondrán como residuos domiciliarios.
- **Residuos industriales:** Como por ejemplo, envases de aditivos, repuestos de camión en desuso, restos de hormigón, etc.
- **Residuos especiales o peligrosos:** Como por ejemplo, material absorbente empleado en derrames, trapos contaminados con aceite y/o lubricantes, envases descartados de combustibles, aceites y lubricantes, etc.

CUADRO DE ACCIONES MITIGADORAS Y CORRECTIVAS EN LA GESTIÓN DE DERRAMES EN VÍA PÚBLICA

Posibles derrames	Acción mitigadora	Medidas correctivas
Hormigón en la vía pública en tránsito	Control de la carga, no excederse	Kit antiderrame. Contención del derrame
	Lavado de embudo y canaleta en la planta posterior a la carga	Levantar el material del lugar derramado, disponer en recipiente adecuado para su disposición final en planta
	Uso de capuchas de lona en el extremo de la canaleta	Levantar el material del lugar derramado, disponer en recipiente adecuado para su disposición final en planta
	En el caso de descarga por bombeo, evitar desbordes de la batea	Levantar el material del lugar derramado, disponer en recipiente adecuado para su disposición final en planta
	En el caso de descarga por bombeo, la obra debe proveerle al personal de bomba un recipiente de contención debajo de la batea	
	Acuerdo contractual con el cliente para la provisión de recipientes para el lavado de mixers y bombas (carretillas, contenedores, volquetes, tambores) y disposición final de los mismos	
	Sistema de recolección del agua de lavado en camiones	
Procedimiento de lavado mínimo en obra		
Aditivo en obra o la vía pública	Revisión periódica del estado de los recipientes para aditivos, aditiveros y mangueras	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención
	No exceder la presión de carga de aditivo en los tanques dosificadores de aditivo del mixer	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención
Combustible en la vía pública o en obra	Revisión periódica del estado del tanque de combustible	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención
	No exceder la capacidad de carga de tanque de combustible	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención
Líquido hidráulico, aceites y refrigerantes en la vía pública o en obra	Mantenimiento preventivo mecánico de cada vehículo	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención
	Revisión diaria de los sistemas de fluidos de cada vehículo	Contención del derrame mediante el uso del kit de contención

- Acción de Mitigación Mínima recomendada para operación
- Acción de Mitigación Recomendada / Oportunidades de Mejora
- Acción de Mitigación de Condición Óptima

Marco legal

- Ley N° 13.660.
- Ley N° 11.720, Decreto N° 806, Disposición de residuos especiales.
- Ley N° 24.051 de residuos peligrosos.
- Resolución de la Secretaría de Energía N° 404 para tanques enterrados y N° 785 para tanques aéreos.



Material sobrante en estado sólido

Fuentes de generación de residuos industriales y peligrosos durante el proceso productivo del hormigón:

- Residuos de material absorbente generados por derrame de aditivos.
- Residuos de material absorbente generados por derrame de aceites y/o lubricantes.
- Aprovechamiento de hormigón sobrante.
- Residuos de material absorbente generados por derrame de hidrocarburos.
- Envases de aditivos y adiciones.
- Envases de combustibles, aceites y/o lubricantes.
- Sobrante de producto (hormigón elaborado):
 - En estado sólido.
 - En estado semisólido.
 - En estado fluido.



Reutilización de hormigón sobrante

Parámetros

Serán los que fija la Normativa Legal según el organismo de incumbencia en donde se encuentre emplazada la planta.

Se solicitará a la Empresa autorizada encargada de la disposición de los residuos, el correspondiente Protocolo de disposición final.

Acciones mitigadoras de residuos de hormigón

Los residuos sólidos que pudieran generarse podrán ser, por ejemplo, procesados en trituradoras para la

obtención de agregados los cuales serán utilizados para obtener hormigones pobres o de baja resistencia.

Cuando existan residuos semisólidos, provenientes de sobrante de hormigón no requeridos en obra, es importante prever su utilización para llevar a cabo mejoras en Planta, como construcción de pisos, tabiques o cubos para contención de áridos, etc.

Para el caso de los residuos fluidos, los mismos podrán ser volcados en las piletas de lavado y decantación, para que el agua pueda ser reutilizada en el proceso de amasado o lavado.

Sobrante de producto (hormigón elaborado)

• En estado sólido:

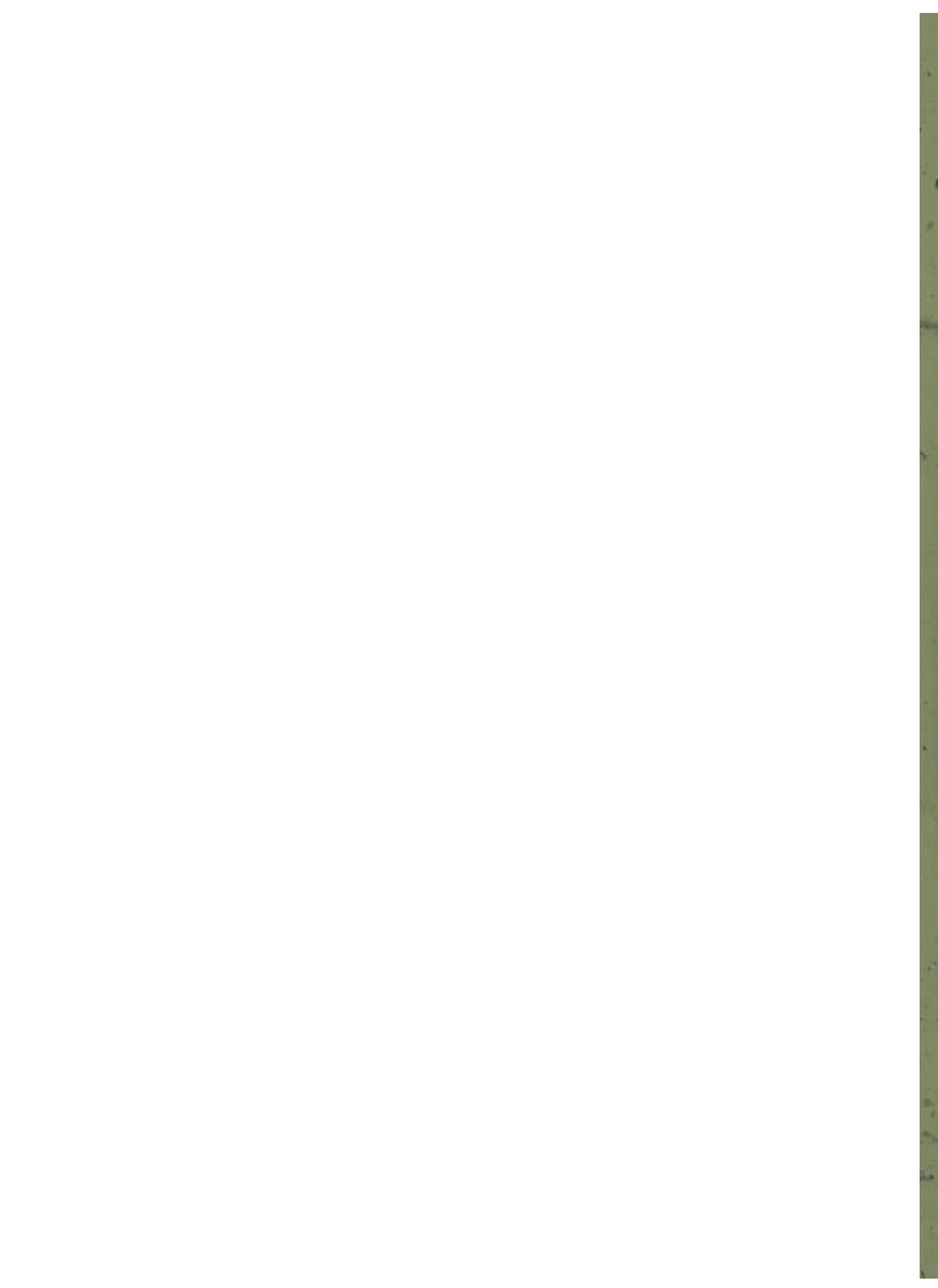
- Acciones para evitar que el material sobrante adquiera estado sólido.
- Recuperación en Planta trituradora.
- Protocolo de disposición final.

• En estado semisólido:

- Acciones para evitar que se genere el material sobrante.
- Aprovechamiento para realizar mejoras en planta como construcción de pisos, tabiques o cubos para contención de áridos.
- Protocolo de disposición final.

• En estado fluido:

- Acciones para evitar que se genere el material sobrante.
- Piletas de decantación.
- Protocolo de disposición final.





MÓDULO

2

Proyectar
con hormigones
sostenibles

PROYECTAR CON HORMIGONES SOSTENIBLES:

La importancia del diseño Sostenible

Un edificio se compone de varios sistemas, estructuras y elementos los cuales interactúan entre sí logrando conformar un “todo” armónico y funcional.

Dichos componentes serán decisivos a los fines de garantizar una sana vida útil del inmueble a lo largo de las Fases ya analizadas precedentemente.

Para los edificios de viviendas colectivas su ciclo de vida implica más de 100 años. Mientras que diversos componentes se intercambiarán una o varias veces durante el ciclo de vida del edificio, ya sea debido a que su servicio técnico es limitado o porque se convierten en obsoletos; las componentes estructurales que brindan resistencia a la obra permanecerá estable y sin modificaciones de importancia hasta la “muerte” del edificio.

Los profesionales del diseño cuentan con diversas estrategias para la creación, planificación, producción y gestión de las obras en base a una organización física de los edificios en “capas”.

Un adecuado diseño permite la optimización sistemática de la vida de servicio de la obra en cuanto a su destino, costos de mantenimientos a lo largo del ciclo de vida, conjuntamente con sus aspectos ambientales.

Los actuales modelos de conocimiento y cálculo de las estructuras de hormigón permiten optimizar los diseños a efectos de posibilitar una amplia duración de la obra ante cualquier exposición.

El costo adicional en el empleo de ciertos Hormigones Sostenibles capaces de aumentar el ciclo de vida de un edificio, dada la óptima calidad de la masa pétreo, suele ser insignificante en comparación con la perspectiva del mencionado ciclo de vida.

De hecho, pueden estimarse dentro de los aspectos económicos los valores de amortización de la inversión realizada a lo largo del tiempo, la cual seguramente, deparará menores montos a desembolsar para el correcto mantenimiento del inmueble.

Desde luego, el diseño del edificio considerará especialmente a aquellos componentes materializados con Hormigones Sostenibles, los cuales permanezcan expuestos a ciertas exigentes condiciones climáticas exteriores, mientras que las estructuras interiores normalmente no demandan en su diseño consideraciones especiales de durabilidad.

Con el fin de optimizar los componentes y sistemas en materia de durabilidad en el ciclo de vida total del edificio y facilitar las futuras modificaciones que puedan alterarlo, un adecuado enfoque del diseño permite reflexionar acerca de la clasificación de los módulos de construcción en función de la calidad de vida a obtener para que los componentes y sistemas se puedan optimizar con respecto a los costos del ciclo de vida y la carga medioambiental.

Es en la Fase de Diseño cuando se estima y pondera la durabilidad esperada para los distintos componentes estructurales que se deben definir.

Es en esta Fase donde el profesional y su equipo evalúan diversas alternativas para estimar el costo del ciclo de vida y las cargas ambientales necesarias de conocerse para documentar la elección de una alternativa basada en factores claves, como el mantenimiento periódico, la demanda de energía y la disposición final.

La separación física de los sistemas con diferentes vidas útiles, y la accesibilidad de los componentes que necesitan reparación o reemplazo, son consecuencia de un diseño elaborado.

Muchos de los subproductos industriales y residuos (que serían derivados a rellenos sanitarios) actualmente pueden ser destinados tanto a la fabricación de cementos compuestos como al hormigón.

Para los cementos, se pueden emplear como adiciones, materiales tales como la escoria granulada de alto horno, proveniente de la industria del acero, o las cenizas volantes que son generadas como subproductos de las centrales eléctricas que aplican el carbón como combustible, mientras que la escoria de alto horno enfriada al aire se puede emplear como agregado en el hormigón.

El hormigón de las estructuras, ya sin destino a la vista, puede llegar a ser reciclado, triturándolo previamente para llevarlo a constituir un agregado nuevo, para ser empleado en mezclas de hormigón o colocado como sub-base en pavimentos de carreteras.

En el caso de tratarse de hormigón armado, el acero se puede reciclar en una nueva armadura.

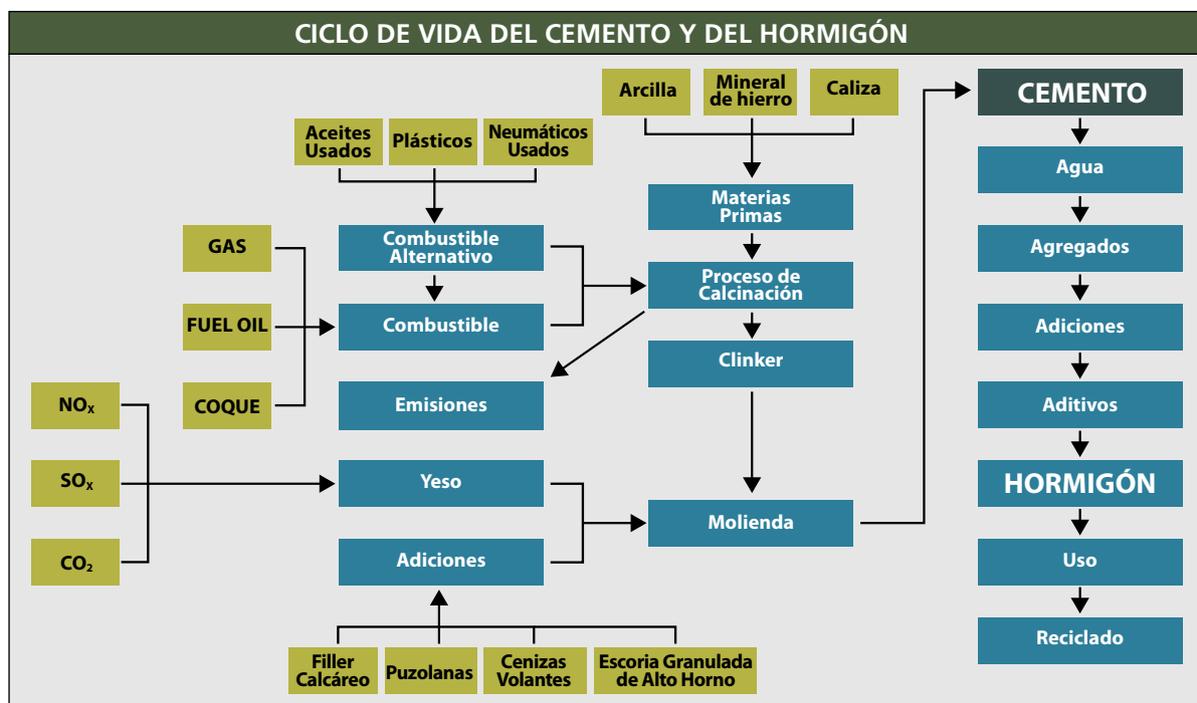
Los citados conceptos merecerán una particular mirada por parte del profesional proyectista.

Además de lo señalado, el hormigón posee diversas propiedades que lo convierten en un material que preserva los recursos naturales.

Si se emplea hormigón premoldeado o preparado in situ, solamente se hace uso del necesario para la estructura prevista y el resto se puede recuperar y devolver a la planta correspondiente. Es poco usual encontrar hormigón formando parte de las pilas de materiales en desuso, o como residuo en los sitios de construcción.

Hay que destacar que este material se consume en grandes cantidades en todo el mundo para dar forma al ambiente construido, materializado en casas, escuelas, plantas industriales, conductos de agua, carreteras, puentes, etc.

La civilización misma se ha basado sobre una fundación de hormigón.



ESTRUCTURA SOSTENIBLE

Una estructura debe ser motivo de un amplio análisis en la fase de Diseño. La misma, obviamente, mantendrá su vigencia a lo largo de la vida útil de la obra.

Las características que posibilitan las estructuras materializadas con Hormigones Sostenibles se adaptan a la vida de servicio de acuerdo al específico destino del proyecto, con el fin de optimizar los costos de mantenimiento y ambientales.

Entonces la durabilidad de los componentes estructurales -y una baja demanda de mantenimiento- se tornan en temas vitales a la hora de elegir alternativas. Aquí toman relevancia las ventajas que admiten los Hormigones Sostenibles.

Un material que es adecuado para el Sistema Primario (la estructura resistente del edificio) puede ofrecer una menor relevancia incorporado en un Sistema Secundario (los componentes interiores de la obra).

Garantizar desde el diseño la durabilidad del sistema primario incidirá en la carga económica del mantenimiento.

Fuente: LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y LA SOSTENIBILIDAD. Asociación de Fabricantes de Cemento Portland. Buenos Aires, Octubre de 2010

Pocas veces en la fase de Diseño, se presta especial atención en la creación de estructuras las cuales garanticen una alta eficiencia energética. En cambio, sí resultan ser claves los aspectos relativos a la durabilidad, junto con la resistencia mecánica y rigidez.

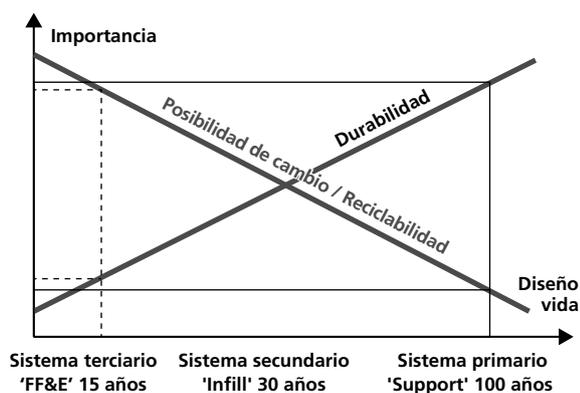
Sin embargo, es muy importante para el propietario del edificio obtener un diseño el cual demande un mínimo de mantenimiento durante su vida útil.

A los costos adicionales por el servicio energético del inmueble se suman los relacionados con el mantenimiento y reparación de las estructuras. Trabajos que, en general, resultan complejos de llevar a cabo.

Por lo tanto, el diseño de las estructuras deberá regirse por innovadores criterios, donde los detalles resultan de gran importancia. Aspectos que típicamente conforman el eslabón más débil y atentan contra la durabilidad del propio hormigón.

El uso de tecnologías novedosas tales como los inhibidores de corrosión junto con una reparación adecuada y metódica estrategia de mantenimiento, garantizan desde el Diseño la calidad de un Hormigón Sostenible.

IMPLICANCIAS DEL DISEÑO EN LA DURABILIDAD Y RECICLAJE DE LAS ESTRUCTURAS



Otra cuestión importante es la mejora de las estructuras existentes para satisfacer las demandas actuales.

Es posible actualizar la capacidad de carga de una estructura existente mediante sofisticados cálculos, teniendo en cuenta la resistencia real del hormigón. De esa manera, la vida de servicio de una estructura existente puede ampliarse significativamente y la necesidad de una nueva posponerse durante varias décadas, alentando a la Sostenibilidad.

DISEÑO Y ECONOMÍA: SUPERFICIE NETA DE USO

Ciertos factores resultan significativos en la concepción espacial de la obra, donde el diseño estructural confiere una dinámica particular.

El número y tamaño de las columnas presenta un efecto importante sobre la superficie neta de uso en un edificio. La reducción del tamaño de las columnas se puede lograr mediante la aplicación de hormigones de alta resistencia.

La selección de un sistema de baja eficiencia presenta un efecto significativo sobre la superficie neta de uso en un edificio comercial.

Un diseño el cual asegure grandes luces con pequeñas desviaciones, reduciendo así al mínimo el número de columnas necesarias, crea una estructura ambientalmente comprometida, donde el Hormigón Sostenible se transforma en un valioso aliado.

Las estructuras de hormigón con reducidas alturas entre pisos, potencialmente, permiten la incorporación de plantas adicionales capaces de proporcionar más metros útiles manteniendo la cota final respecto de la altura del edificio.

En la reutilización y puesta en valor de antiguas zonas industriales de la ciudad, existen muchas antiguas fábricas, viejos almacenes y similares que se han convertido en viviendas muy deseables.

El reciclaje de estructuras de Hormigón:

- Ahorra recursos naturales, incluidas las materias primas, energía y agua. Materiales necesarios para nuevas estructuras.
- Reduce la cantidad de residuos sólidos enviados a los vertederos.
- Evita la contaminación que resultaría de la extracción, fabricación y transporte de materiales vírgenes.

La alta durabilidad de los edificios de hormigón conforma un factor clave en su idoneidad para su reutilización.

Estudiar desde la Fase de Diseño un mantenimiento planificado ayudará a prolongar la vida de un edificio y mejorar sus posibilidades de reutilización.

El Green Building Council, una verdadera herramienta de evaluación, reconoce la importancia de la reutilización del edificio mediante la concesión de puntos de crédito adicionales que ayudan a lograr una clasificación más alta para el mismo.

Desde una perspectiva social, el adecuado Diseño de una estructura de hormigón proporciona un ambiente interior seguro, saludable y confortable.

Los principios del diseño -bien desarrollados- capaces de cumplir con los códigos y normas pertinentes, proporcionan integridad estructural.

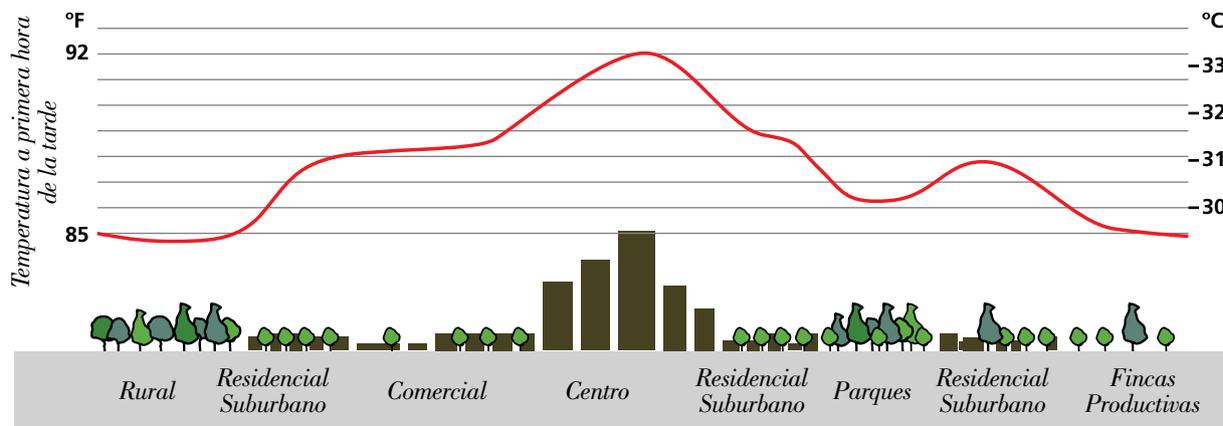
Los edificios diseñados bajo el concepto de los Hormigones Sostenibles presentan un bajo impacto ambiental, un acotado empleo de energía y menores emisiones de Gases de Efecto Invernadero. La alta masa térmica del hormigón conduce a un diseño térmico pasivo eficiente.

Su color relativamente ligero o “Albedo”, vale decir, la proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la reflejada; puede derivar en una reducción considerable en el efecto de isla de calor de las grandes ciudades.

ASPECTOS RELEVANTES DE LA ETAPA DE PROYECTO

Los siguientes temas resultan sumamente importantes para la etapa de proyecto:

- Estudio de ciclo de vida de las construcciones y de la huella de carbono de los materiales utilizados.
- Valoración de la inercia térmica de los hormigones como aporte a la reducción del consumo energético para climatización.
- Diseño de estructuras de hormigón de muy larga vida en servicio (en Argentina tenemos casos testigo “evidentes”, como lo son muchas de las obras de infraestructura hidráulica, puentes, y centrales de generación de energía nuclear e hidráulica, edificios emblemáticos como el Kavanagh -de más de 80 años desde su construcción-, y otros).



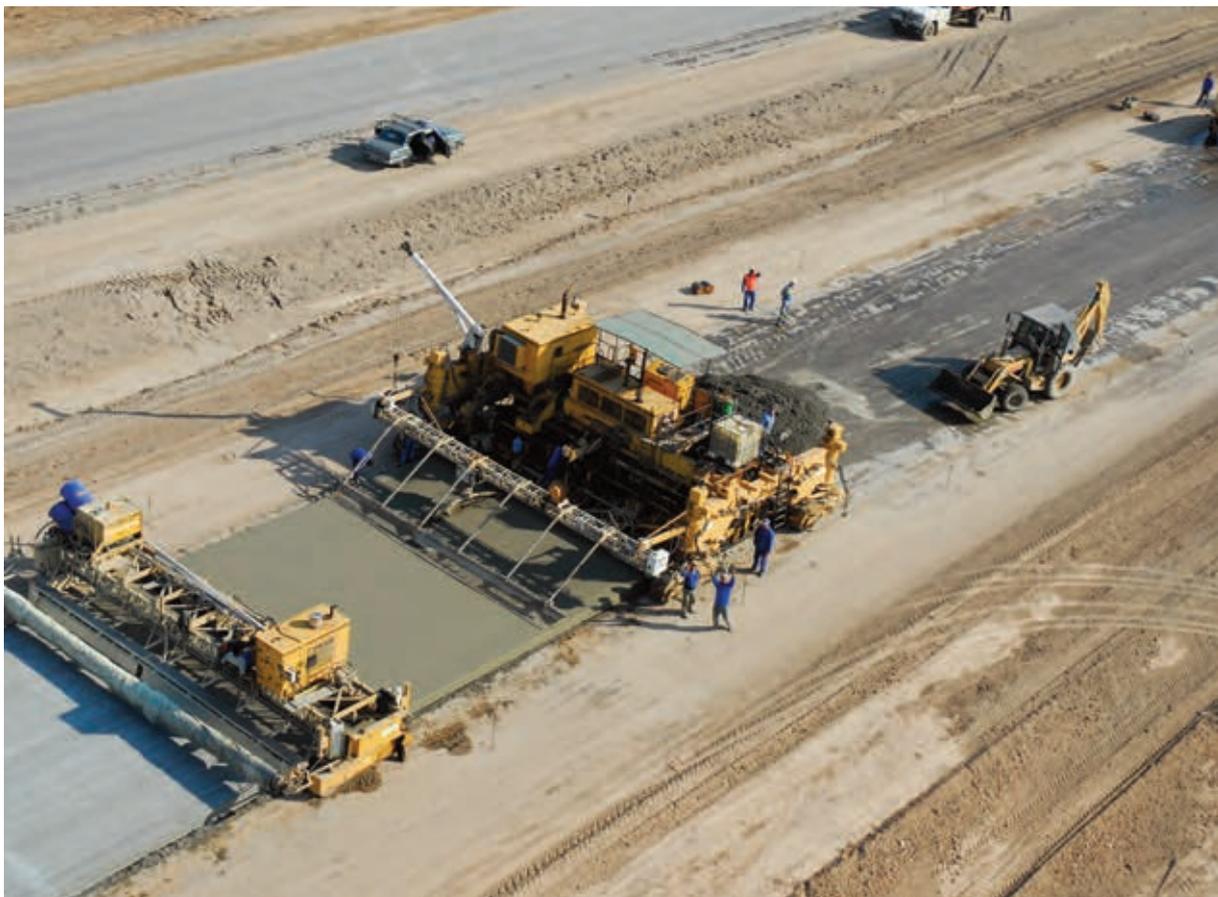
Perfil urbano de la isla de calor (Ver: Islas de Calor Urbanas <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/>)

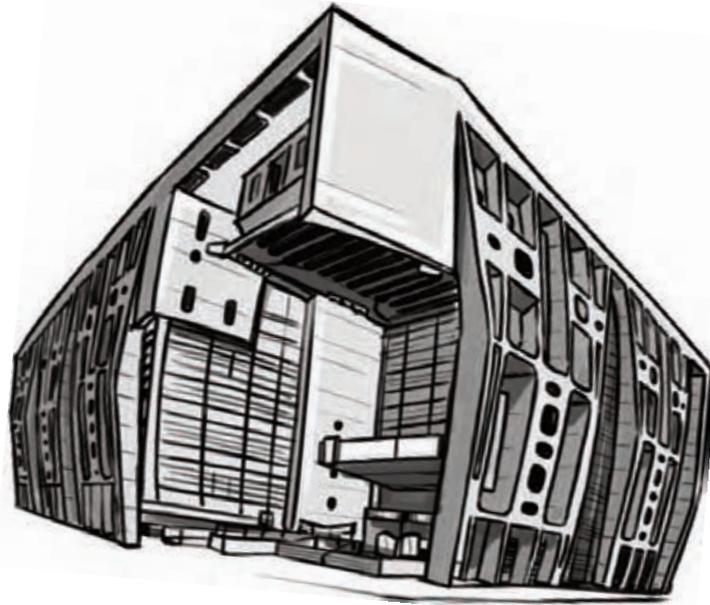
Por todo ello, en el proceso de toma de decisiones para el diseño de una nueva construcción, la sensata selección de los diversos elementos de hormigón dará lugar a la disminución de los costos de construcción y mantenimiento, reduciendo los planes de trabajo considerablemente.

De esta forma, obtendremos edificios con un mayor valor, los cuales, mediante un programa de mantenimiento preventivo-correctivo, puede disfrutar de una prolongada vida a través de la reutilización en lugar de la demolición.

- Posibilidades de manejo de aguas, incluyendo a los hormigones porosos que permiten coleccionar aguas servidas o de lluvia para luego usarlas en riego, lavado de áreas secundarias, o inclusive, para reducir la escorrentía, acotar el grado de impermeabilización del suelo en áreas urbanas e incrementar la capacidad de retención. Ello logra beneficios económicos, pues minimiza inversiones públicas en infraestructura de desagües.
- Pavimentos sostenibles de hormigón, con todas sus ventajas competitivas respecto a los pavimentos flexibles asfálticos.

- Diseño resiliente que le permite soportar, a las estructuras de hormigón, acciones de desastres naturales o climatológicos a diferencia de otras estructuras livianas. Se presenta dicho concepto como una necesidad del diseño frente al Cambio Climático mundial.
- Diseño basado en el concepto de las “3R” (Reducir, Reusar, Reciclar).
- Especificación de hormigones para edades de diseño mayores a 28 días, los cuales habilitan el empleo de contenidos de adiciones minerales aún mayores en el hormigón.
- Uso de materiales silíceos (u otros) como filler en el hormigón, para mejorar sus prestaciones mecánicas y durables, brindando la posibilidad de empleo de materiales que pueden resultar marginales para otras aplicaciones.
- Sistemas de construcción mixtos con hormigón que incluyen, por ejemplo, placas de poliestireno expandido u otros materiales aislantes.
- Construcción con elementos premoldeados en planta, los cuales permiten mitigar impactos de la construcción “in situ”, y además, mejoran los estándares de calidad de las construcciones (provocando una mayor durabilidad y vida en servicio).
- Aplicación de la tecnología de aditivos para permitir disponer agregados con alto contenido de material fino (los cuales, en la tecnología convencional, no se podrían considerar).
- Hormigones fotocatalíticos para absorción de CO₂.
- Hormigones como reservorio de residuos industriales y peligrosos (se verifican en el mundo y en Argentina diversos casos).
- Hormigones con curado interno.
- Optimización en el diseño estructural de una construcción, para reducir el impacto en la etapa de materialización, de servicio de la construcción, y permitir un óptimo mantenimiento y decomiso al fin de su vida útil.
- Ahorro energético para iluminación en la vía pública, el cual deviene del uso de calzada de hormigón (clara) en lugar de una carpeta asfáltica (oscura).





MÓDULO

3

Construir con Hormigones Sostenibles

CONSTRUIR CON HORMIGONES SOSTENIBLES:

Recursos de producción sostenibles

Cada material de construcción se obtiene a partir de materias primas extraídas de la naturaleza. Luego de su manufactura, los elementos son transportados a la obra de construcción y, finalmente, se los incorpora al proyecto a partir de una eficiente materialización.

Por ende, toda obra de ingeniería civil demanda una cierta cantidad de energía asociada a su producción, desde la concepción de las materias primas hasta su posición final. Esta energía se denomina “Energía Asociada al Proceso Constructivo” y se relaciona con las emisiones de Co₂ producidas.

Una de las materias primas imprescindibles en el hormigón es el cemento, el cual es generalmente considerado como un material de gran consumo de energía en su Fase Productiva.

Ello es verdad, tanto como que las empresas proveedoras han progresado y continúan haciéndolo en lograr procesos más comprometidos a nivel ambiental.

De esta forma, las distintas compañías enfocan sus metas en optimizar el impacto ambiental de hormigón, aspecto que cobró relevancia en la década de 1990.

Los efectos ambientales más importantes de la producción de cemento se pueden dividir en:

- Uso de la energía y emisiones asociadas (Por ejemplo, CO₂).
- Uso de materias primas naturales (Principalmente, de piedra caliza).

En la producción moderna de cemento, aproximadamente, el 45% de las emisiones de CO₂ se verifican en el proceso de calcinaciones, es decir, durante la des-carbonatación de la piedra caliza.

Una gran parte del trabajo en la producción de hormigón se ha centrado en la energía consumida, las emisiones efectuadas y el consumo de materiales naturales.

Puntualmente, las empresas trabajan en esos contenidos claves desde el punto de vista de la Sostenibilidad:

- Optimización del contenido de cemento por medio de materiales cementantes suplementarios.
- Reciclado de materiales residuales de otras industrias con el fin de preservar las fuentes naturales y reducir los vertederos.
- Minimización del consumo de agua en la producción de hormigón, mediante el reciclado y uso de agua de lluvia.
- Reciclado del hormigón triturado para ser empleado nuevamente en la masa de hormigón o como respaldo general (Por ejemplo, sub-base de carreteras).

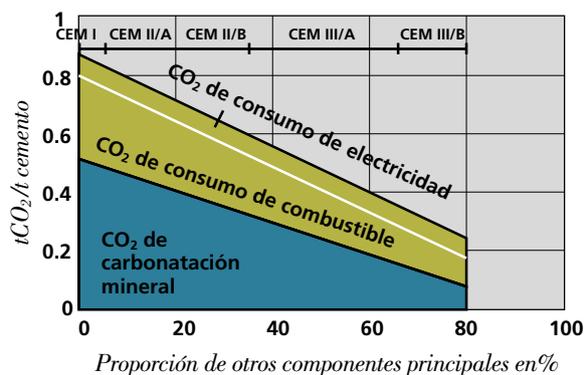
Las altas temperaturas del horno de cemento ofrecen una gran ventaja, es decir, el potencial de los materiales de desecho más peligrosos, tales como aceites, solventes usados, residuos de pintura, llantas de desecho, líquidos de limpieza y residuos sólidos urbanos se pueden quemar con seguridad, dadas las temperaturas extremadamente altas, responsables de la producción de una combustión completa con muy baja contaminación de emisión al ambiente.

En la actualidad, residuos combustibles derivados comprenden una parte creciente de la matriz energética de las plantas de cemento.

Cementos mezclados han adquirido cada vez más importancia, debido a que las plantas productoras de cemento buscan reducir sus emisiones de CO₂ en la Fase Productiva.

Ello se logra principalmente mediante la manufacturación de cementos con contenidos reducidos de clinker, incluyéndose un aumento del porcentaje de otro principal componente: La escoria de alto horno, cenizas volantes, piedra caliza u otros materiales permitidos.

La siguiente figura muestra las emisiones de Co₂ respecto de las cantidades de otros componentes principales, además del clinker. Destaca las emisiones de Co₂ relacionadas con la energía en la producción de cementos compuestos, como función del contenido de otros constituyentes principales.



Emisiones CO₂ dependiendo de las cantidades de otros componentes principales

Fuente: Hoenig y Schneider. 2003

Nota: En la Figura precedente, se incluye una identificación de cementos según la normativa europea (CEM I, CEM II, etc.). En Argentina, se utiliza otra denominación, la cual se aclara mediante las siguientes equivalencias:

CEM I: Equivale a nuestro CPN.

CEM II/A: En función a la adición mineral contenida, corresponde a un CPF, CPE, CPP con hasta 20% de adición.

CEM II/B: Ídem anterior, pero con adiciones entre un 21 y 35%.

CEM III/A: Corresponde a un CAH, con contenido de escoria granulada de alto horno entre 36 y 65%.

CEM III/B: Corresponde a un CAH, con contenido de escoria granulada de alto horno entre 66 y 85%.

HORMIGONES SOSTENIBLES EN LA FASE CONSTRUCTIVA

La mezcla de los componentes puede llegar a la obra procedente de una planta elaboradora, por lo que el productor es el responsable de sumar los materiales componentes.

El método productivo dependerá, en gran medida, de las tradiciones locales, la disponibilidad de insumos, la experiencia práctica, los precios de las materias primas y las especificaciones técnicas derivadas de las normativas y los usos y costumbres técnicos (Reglas del Arte).

Por otra parte, desde el punto de vista de la Sostenibilidad, los elementos prefabricados de hormigón, tales como paneles, vigas, columnas y losas (diseñadas a tales efectos o conformando piezas estandarizadas), ofrecen particulares beneficios:

- Los residuos, dentro del ambiente controlado de la fábrica, se reducen al mínimo.
- Los resultados del estricto control de calidad en la fábrica brindan elementos de altas prestaciones.
- La manufactura de los elementos prefabricados se pueden realizar en forma concurrente, lo cual resulta en programas de construcción más eficientes.
- La construcción del sitio de trabajo se reduce al mínimo, lo cual optimiza la infraestructura de producción de la obra.
- Se acotan los ruidos provocados por el proceso constructivo, respecto de los alcanzados en los sistemas constructivos “tradicionales”.
- Los sistemas de tipo “prefabricados” se prestan a un diseño pensado para el desmontaje y la reutilización de los elementos.
- Los paneles sándwich, que consiste en dos capas de hormigón separadas por una capa interna de material aislante, proporcionan elementos tanto con alta masa térmica y un elevado aislamiento. Superior eficiencia energética se puede lograr mediante la utilización de paneles sándwich en las paredes exteriores de los edificios.

Los Hormigones Postensados constan de losas, vigas o tabiques, en las cuales se disponen hebras de acero de alta resistencia o barras que circulan a través de conductos, siendo las mismas tensadas y rellenas. Entre las ventajas Sostenibles de construir con estos sistemas se encuentran:

- Tramos más extensos: La capacidad de las piezas estructurales de hormigones postensados para lograr vanos más extensos, puede reducir el número de columnas y tabiques requeridos. En los edificios comerciales y de oficinas, ello conforma una ventaja particular, permitiendo diseños más flexibles; y por lo general, el logro de mayores rendimientos en cuanto a superficies útiles.
- Altura reducida entre pisos.
- El postensado normalmente alcanza los pisos de menos profundidad total para una carga sobre el suelo en particular. Ello acota la altura entrepisos.
- En la construcción de varias plantas, la reducción de la altura de todos los elementos verticales suma un significativo ahorro.
- Control de deflexión de la losa superior.
- El nivel de postensado aplicado a una losa se puede ajustar para satisfacer el grado de control de deflexión requerida. Ello puede neutralizar deflexiones de carga de servicio. No hay necesidad del pre-combado del encofrado, para atender las desviaciones esperadas; lo cual resulta en un considerable ahorro de costos.
- Menor ciclo de construcción.
- En comparación con el hormigón armado, el postensado permite losas delgadas, por lo tanto, una reducción en el volumen de hormigón y la manipulación de materiales relacionados, camiones de reparto y bombeo.

El diseño apropiado de losas postensadas, se enmarcan dentro de los Hormigones Sostenibles, toda vez que permite la extracción temprana del encofrado, la materialización de losas con un menor tiempo de espera, aspecto que deriva en la rápida reutilización del encofrado, y el aumento de la velocidad de construcción total del edificio.

LOS COSTOS DE CONSTRUIR CON HORMIGONES SOSTENIBLES

Las estructuras de hormigón, especialmente aquellas que utilizan Hormigones Sostenibles, conforman la solución estructural más económica para los edificios en altura. Ello se pone de relieve en dos recientes estudios encargados por el Instituto del Cemento y Agregados de Australia, y llevada a cabo por la firma WT Partnership, cuyo referente es el Dr. Anthony Mills, de la Universidad RMIT, en relación con el costo de las estructuras que emplean Hormigones Sostenibles.

PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN SOSTENIBLE CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN

Análisis de la Documentación Ejecutiva: Una de las primeras tareas que debe realizar el Director de Obra es controlar esta documentación verificando que:

- La estructura se haya calculado con el tipo de hormigón especificado.
- Las cargas que llegan al suelo se correspondan con las tensiones admisibles del mismo, que surgen del estudio de suelo ya realizado.
- Los planos de estructura se correspondan con los de arquitectura e instalaciones constatando:

Filos de estructura: Se deberán constatar los filos de los elementos estructurales definiendo su importancia y jerarquía. Por ejemplo, las columnas ubicadas sobre el eje medianero deberán estar acotadas a filo externo, pudiendo el filo interno absorber algún tipo de desvío por tener mayor tolerancia.

Pases para instalaciones: La previsión y diseño de pases para instalaciones en la estructura de hormigón armado es fundamental para evitar tener que realizar modificaciones y/o perforaciones en la estructura una vez hormigonada, con las complicaciones y riesgos que ello conlleva.

Planillas de armadura: En relación a las planillas de armadura, se proponen dos recomendaciones:

- Verificar las planillas de armadura (cantidades y longitudes) con las dimensiones de las piezas estructurales y con lo indicado en la memoria de cálculo.
- Armar planillas de corte de armadura optimizando las longitudes de barras en caso de cortar y doblar armadura en obra. Este trabajo, que si bien lleva un tiempo de estudio en “el tablero” puede, dependiendo de las dimensiones de la obra, reducir la cantidad de barras de acero a comprar.

Definición de detalles constructivos: La documentación de una obra típica de hormigón armado suele reducirse a planos de encofrado y planillas de armadura, pero en el caso donde la estructura queda a la vista, convirtiéndose en el elemento de sujeción y encuentro de materiales como carpinterías, vidrios, etc., es muy importante realizar un análisis de esos puntos y diseñar el detalle constructivo para anticiparse al problema.

CONTROLES AL ENCOFRADO

El encofrado es necesario para casi todos los tipos de hormigón, incluyendo los moldeados en el lugar, prefabricados, y las aplicaciones de hormigón proyectado. Algunas de las muchas características que deberían incluirse en el encofrado de un hormigón sostenible son:

La estética de las terminaciones: El encofrado imparte características superficiales al hormigón.

Economía: La reutilización de las piezas del encofrado afectan en un 60% o más respecto del costo de la estructura de hormigón, por ende, las consideraciones sobre su economía y sostenibilidad resultan significativas. Las formas deben ser diseñadas y planificadas para una máxima reutilización, incluyendo un eficiente conjunto de moldeo y desencofrado.

Fuerza y rigidez: Se refieren a la seguridad de las formas.

Resistencia al daño: Los vibradores mecánicos usados como parte del proceso de colocación, o la abrasión de

deslizamiento, son ejemplos de los tipos de resistencia demandada al encofrado.

Adaptabilidad al clima y terreno: Los encofrados deben ser capaces de trabajar correctamente en una variedad de condiciones de lugar y clima.

CONTROLES AL HORMIGÓN ELABORADO

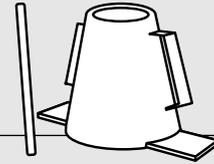
El Director de Obra deberá verificar:

- a. **Que la especificación del tipo de hormigón solicitado sea el requerido.**
- b. **Condiciones climáticas:**
 - Humedad:** No autorizar hormigonar ante inminentes lluvias.
 - Temperatura:** En caso de altas o bajas temperaturas se deberán tomar las precauciones correspondientes a cada situación, mediante la utilización de aditivos, curados específicos, etc.
- c. **Tiempo de traslado del mixer o camión mezclador:** El exceso de tiempo de transporte puede influir negativamente en la trabajabilidad del hormigón. Su descarga debe finalizarse dentro de los 90 minutos, a contar desde la salida del motohormigonero de la planta de carga (para condiciones atmosféricas normales con 25 °C como máximo y sin aditivos retardadores). Dentro de ese tiempo, la obra dispone de 30 minutos para efectuar la descarga.
- d. **Temperatura del hormigón.**
- e. **Asentamiento (consistencia del hormigón) que se podrá constatar mediante el ensayo de Cono de Abrams y consiste en:**
 - Extracción de muestra:** Directamente de la canaleta del motohormigonero en el momento de la descarga y nunca del hormigón colocado en los encofrados o descargado en el suelo. Después de haber descargado los primeros 250 litros (1/4 m³) y antes de los últimos 250 litros (1/4 m³) del pastón. Cada muestra deberá tener una cantidad de hormigón de aproximadamente el doble del necesario para el ensayo, (no menos de un 40% mayor), y antes de iniciarlo deberá remezclarse a mano.
- f. **Ensayo:**
 1. Colocar el tronco de cono sobre una superficie plana, horizontal, firme, no absorbente y ligeramente humedecida (chapa de metal), con una superficie mayor a la de la base grande del cono. Colocar el tronco de Cono con la base mayor hacia abajo y pisar las aletas inferiores para que quede firmemente sujeto.
 2. Llenar el tronco de Cono en tres capas: Llénese hasta aproximadamente 1/3 de su volumen y compactese el hormigón con una varilla lisa de acero de 1,6 cm de diámetro y con ambos extremos semiesféricos (punta redondeada). La compactación se hace con 25 golpes de la varilla, con el extremo impactando al hormigón. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie y penetrando la varilla en el espesor de la capa pero sin golpear la base de apoyo.
 3. Se llena el tronco del cono con una segunda capa hasta aproximadamente 2/3 del volumen del mismo y se compacta con otros 25 golpes de la varilla repartiéndolos uniformemente por toda la superficie. Debe atravesarse la capa que se compacta y penetrar ligeramente (2 a 3 cm) en la capa inferior pero sin golpear la base de ésta.
 4. Se llena el volumen restante del cono y se compacta esta última capa con otros 25 golpes de la varilla, que debe penetrar ligeramente en la segunda capa.
 5. Retirar el exceso del hormigón con una llana metálica (tronco perfectamente lleno y enrasado), y quitar el hormigón que pueda haber caído alrededor de la base del tronco de Cono.
 6. Sacar el molde con cuidado, levantándolo verticalmente en un movimiento continuo, sin golpes ni vibraciones y sin movimientos laterales o de torsión que puedan modificar la posición del hormigón.
 7. Medida del asentamiento: Se coloca el tronco de Cono de Abrams al lado del formado por el hormigón y se mide la diferencia de altura entre ambos. Si la superficie del tronco de Cono de hormigón no queda horizontal, debe medirse en un punto medio de la altura y nunca en el más bajo o en el más alto. Se recomienda utilizar reglas de aluminio para medir la altura de la deformada.

A. ASENTAMIENTO

1. Obtener una muestra representativa de hormigón en una carretilla

Siempre se debe descargar al menos el primer 1/4 m³ del camión y luego tomar la muestra en la carretilla, no al iniciar la descarga.



2. Limpiar y humedecer con agua el cono y la base de apoyo.

3. Colocar la base en una superficie plana y sujetar con los pies el cono.

4. Llenar el cono con 3 capas de hormigón y compactarlas.

Se debe compactar con barra del 16 lisa con ambos extremos redondeados.

Primera capa:

Altura de 7 cm, 25 golpes distribuidos con la barra.

Segunda capa:

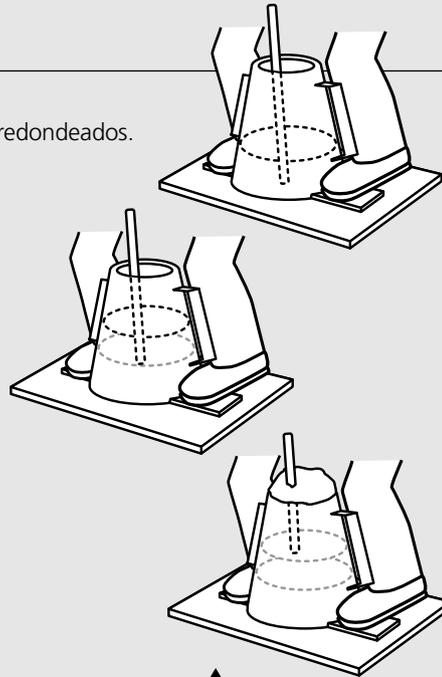
15 cm (a la mitad del cono), 25 golpes con la barra.

Tercera capa:

Que sobre mucho hormigón arriba, 25 golpes con la barra.

Hay que cuidar que al varillar, la barra solo penetre un poco en las capas anteriores, que nunca toque la base de apoyo.

¡No puede emplearse el vibrador en el ensayo de asentamiento!



5. Se quita el excedente de hormigón, y se levanta el cono en 5 segundos.

6. Medir el asentamiento con la cinta en la parte central del cono.

Se debe medir el asentamiento desde la cara inferior de la barra.

Si el cono se desploma o se inclina mucho, se debe hacer otra vez el ensayo, con una nueva muestra.

El ensayo debe finalizar a los 5 minutos de tomada la muestra.

7. Tirar el hormigón con el que se hizo el cono. ¡Nunca usarlo para probetas!

8. Se lavan los elementos y se dejan listos para el próximo ensayo.



g. **Cohesión de la mezcla:** Consiste en una verificación ocular que constate cierta facilidad para la segregación de los materiales al quedar en libertad el cono de hormigón, en especial en la forma como se separan los agregados gruesos y el agua, que son los

componentes más afectados por este fenómeno.

h. **Altura de colado del hormigón:** Se deberán evitar caídas libres del hormigón desde más de un metro de altura, lo que provoca la segregación del material y corrimientos laterales de la masa.

- i. Capas de hormigonado:** En tongadas horizontales que completen la superficie a llenar entre encofrados, y cuyo espesor dependerá de los medios de compactación disponibles, pero nunca deberá superar los 50 ó 60 cm. Cada tongada debe ir compactándose de inmediato, y al colocar la siguiente se debe verificar que la anterior conserve el estado plástico para permitir la adherencia entre ambas.
- j. Vibrado o varillado durante el proceso de hormigonado:** Las mezclas duras o plásticas se compactan con vibradores de inmersión, y las mezclas blandas o fluidas se compactarán manualmente con varillas de madera o de hierro.
- k. Curado:** Humectación del hormigón para evitar contracciones prematuras por diferencia de temperatura, durante los primeros 7 días posteriores al hormigonado en temperaturas normales (no más de 28 °C), debiendo prologarse en condiciones climáticas de mayor temperatura, si sopla viento o en períodos de baja humedad atmosférica. Otra forma de curar el hormigón puede ser tapando las estructuras con polietileno.
- l. Extracción de probetas:**
- Toma de muestra:** En la obra en el momento de la descarga y directamente de la canaleta del motohormigonero, después de haberse descargado los primeros 250 litros (1/4m³) del total del pastón y antes de los últimos 250 litros del mismo (1/4 m³).
Premezclado de muestra: Antes de ser usadas para ejecutar los ensayos, protegiéndola del sol, el viento y la lluvia durante el período entre su toma y su empleo, que no debe superar los 15 minutos.
- Lugar de preparación de probetas:** En el lugar donde serán estacionadas las primeras 24 horas para evitar movimientos, sacudidas o golpes en el traslado. Se recomienda transportar la muestra en un recipiente (carretilla) hasta el lugar donde se realizarán.
- Molde:** De forma cilíndrica con una base de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, de material no atacable por el cemento, indeformables y estanco.
- Preparación:** El llenado de las probetas se realiza en 3 capas, se coloca hormigón hasta cubrir la tercera parte de la altura del molde cada vez. Una vez colocada cada capa, se la compacta con 25 golpes

de la varilla (1,6 cm de punta redondeada), distribuidos uniformemente sobre la superficie. En la primera capa, los golpes deben atravesarla íntegramente pero no golpear el fondo del molde. La compactación de la segunda y la tercera capa se realiza atravesando cada una de ellas y penetrando solamente la parte superior de la capa siguiente. Finalmente, se enrasa la probeta al nivel del borde superior del molde, mediante una cuchara de albañil, retirando el sobrante de hormigón y trabajando la superficie hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa.

Primeras 24 horas: Las probetas deben quedar en obra, almacenadas evitando movimientos, golpes, vibraciones. Se deberán cubrir con una bolsa plástica para evitar la evaporación de la humedad de las mismas. Serán protegidas de la acción del congelamiento hasta que se produzca el fragüe del cemento. Las probetas endurecidas deben mantenerse entre 21 °C y 25 °C en agua saturada con cal o en ambiente con una humedad superior al 95% hasta la fecha del ensayo.

Identificación de probetas: Las probetas deben ser numeradas y relacionadas con fecha de muestra, dosificación, remito del camión del que se extrajeron y elemento estructural hormigonado.

m. Cantidad de probetas a extraer: Deben hacerse por lo menos dos probetas por cada pastón que se quiera controlar por cada edad, generalmente 7 y 28 días.

n. Ensayo de probetas: Como se mencionó anteriormente se recomienda ensayar probetas a:

- 7 días.
- 28 días.

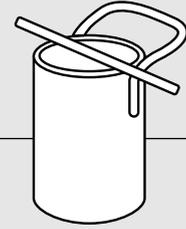
Reservar probetas para realizar ensayos suplementarios a 56 días, en caso que no cumplan con la tensión admisible de ensayo a los 28 días. Los resultados de los ensayos deben quedar registrados en los libros de comunicaciones de la obra y el Director de Obra deberá verificar que estén arrojando los resultados esperados, caso contrario solicitará el ensayo de probetas de reserva y se evaluará la posibilidad de realizar ensayos testigos en la estructura.

B. PROBETAS

1. Obtener una muestra representativa de hormigón en una carretilla

Siempre se debe descargar al menos el primer 1/4 m³ del camión y luego tomar la muestra en la carretilla, no al iniciar la descarga.

Es preferible tomar la muestra a la mitad de la descarga del camión.



2. Buscar un lugar adecuado para moldear las probetas.

Siempre deben moldearse en el lugar más cercano posible a donde quedarán el primer día, mover el hormigón en la carretilla.

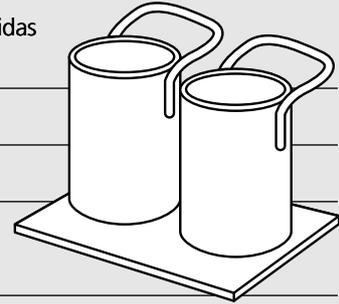
Las probetas una vez moldeadas, cuando están frescas, no deben ser movidas mucho, ¡nunca llevarlas en vehículos!

3. Siempre se debe realizar primero el ensayo del asentamiento.

4. Limpiar y aceitar los moldes de las probetas (no es obligatorio).

5. Colocar los moldes en una superficie plana y firme.

Siempre se deben moldear dos probetas o más, ¡nunca una sola!



6. Llenar cada probeta en capas de hormigón y compactarlas.

El caso más común es compactar tres capas con una barra del 16.

Primera capa:

Altura 10 cm. 25 golpes distribuidos con la barra.

Segunda capa:

20 cm (desde la base). 25 golpes con la barra.

Tercera capa:

Que sobre mucho hormigón arriba. 25 golpes.

Se pueden dar 15 golpes de martillo de goma al finalizar cada capa.

Hay que cuidar que al varillar, la barra sólo penetre un poco en las capas anteriores, que nunca toque la base de apoyo.

Algunos prefieren vibrarlas en lugar de varillarlas, se llena en dos capas y se sumerge 7 segundos el vibrador en cada una.

Sólo pueden vibrar, si el asentamiento es menor a 7 cm.



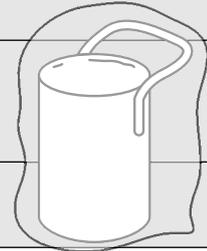
7. Se quita el excedente de hormigón y se alisa la superficie con cuidado.

El moldeo de probetas debe completarse en menos de 5 minutos.

El marcado de las probetas siempre debe realizarse al día siguiente.

8. Cubrir las con nylon o bolsa plástica y ver que se coloquen bajo techo.

¡Las probetas no deben quedar nunca al rayo del sol!



ñ. Inspección ocular para verificar posible aparición de grietas o fisuras, que deban ser reparadas dependiendo de sus características.

Interferencias: Se deberá verificar la correcta colocación, sujeción y protección de cualquier elemento que deba ir embutido o que atraviese los elementos estructurales, como ser cañerías de instalación eléctrica, co-

roborando su correcta inmovilización y protección para evitar que el ingreso de mezcla genere obstrucciones.

Terminación del hormigón: Dadas las características de la obra de estudio, se deberá definir y verificar el tipo de terminación que se dará al hormigón visto, pudiendo ser acabado cepillado o con la aplicación de algún tipo de pintura específica.

PLANILLA DE CONTROL DE CALIDAD PARA UN HORMIGÓN SOSTENIBLE

TAREA	APROBADO	FECHA	OBSERVACIONES
TAREAS EN RELACIÓN CON LA ARMADURA			
Verificar diámetro de armadura según cálculo			
Verificar distancia de separación entre varillas			
Verificar ausencia de barras deformadas			
Verificar nivelación vertical			
TAREAS EN RELACIÓN CON EL ENCOFRADO			
Controlar limpieza del terreno			
Verificar que las placas fenólicas tengan caras planas sin golpes o deformaciones			
Verificar disposición de puntales de seguridad y su estabilidad y apoyo firme			
Verificar aplicación de productos desencofrantes			
Verificar limpieza de la superficie a hormigonar			
Verificar plomos y niveles			
Verificar humedecimiento de encofrado antes de hormigonar			
TAREAS EN RELACIÓN CON EL COLADO DE HORMIGÓN			
Verificar tipo de hormigón requerido			
Verificar dosificación del agua y granulometría de la piedra			
Verificar previsión de condiciones de temperatura, humedad y posibilidades de precipitaciones			
Verificación de estado de suelos y circulaciones internas para encofrar			
Planificar secuencia de trabajos según listado de materiales y equipos y mano de obra disponibles			
Determinar hora de inicio y finalización de tareas			
Controlar el colado de los tabiques desde altura no mayor a 4 m y su posterior vibrado			
Controlar golpeteo de las caras de los tabiques desde el pie hasta el nivel de llenado			
TAREAS EN RELACIÓN CON EL CONTROL DEL HORMIGÓN			
Realizar un mínimo de 4 probetas por cada camión o diferente amasada			
Solicitar ensayo de 2 probetas a los 7 días y 2 probetas a los 28 días			
Solicitar ensayo suplementario a los 56 días si no cumple con la tensión admisible a los 28 días			
Verificar identificación y guardado de piezas, con fecha y hora de ejecución para su curado			
Verificar consistencia del hormigón mediante cono de Abrams			
CONO DE ABRAMS			
Verificar la colocación del cono sobre una superficie plana, rígida y no absorbente			
Verificar que el interior del molde y la superficie de apoyo estén humedecidos previo a colocar el hormigón			
Controlar el vertido del hormigón en 3 capas de alturas similares			
Verificar la utilización de una varilla de \varnothing 16 de 0.60 m de longitud y punta Roma			
Verificar que los golpes sean de manera circular y no golpeen el molde			
Verificar enrasado de la superficie y el desmolde inmediato levantando lentamente el cono en dirección vertical sin sacudir			
Medir el asentamiento. Aceptar valores de hasta 12 cm o según pliego			
TAREAS EN RELACIÓN CON EL DESENCOFRADO			
Curado durante 7 días			
Verificar tiempo de desencofrado según corresponda al elemento estructural			
Verificar deformaciones que se hubieran producido con el colado			
Controlar la corrección de huellas e irregularidades			
TAREAS EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD E HIGIENE			
Control de EPP de las tareas implicadas según Plan de Seguridad e Higiene			
Control de EPC de las tareas implicadas según Plan de Seguridad e Higiene			
Control de cumplimiento de las Capacitaciones de personal			
Control de elementos de seguridad general de obra y señalización			

EL HORMIGÓN COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO

- **Versátil:** Se puede aplicar a cada tipo de forma y geometría, permaneciendo disponible en una variedad amplia de colores.
- **Robusto:** Suministra una eficiente protección ante todas las condiciones climáticas, en terremotos, incendios, inundaciones, explosiones.
- **Durable:** La vida en servicio original de una estructura de hormigón puede ser fácilmente prolongada con simples medidas.
- **Masa térmica:** Elevada, punto el cual contribuye activamente a mantener buenas condiciones de confort higrotérmico en el interior de los edificios.
- **Densidad de la masa:** Aspecto que le aporta una buena capacidad de aislamiento acústico (ruido aéreo).
- **Protector:** Contra las emisiones radioactivas generadas, por ejemplo, por la presencia del radón del suelo.
- **Inorgánico:** Resultando no inflamable. No se descompone ni desarrolla hongos.
- **Albedo:** Elevado, por lo cual, es utilizado en la pavimentación tanto urbana como en rutas y autopistas, contribuyendo en la disminución del efecto de “Isla de calor urbana” presente en las grandes ciudades.





MÓDULO

4 Vida en Servicio de los Hormigones Sostenibles

Vida en servicio de los Hormigones Sostenibles

Los edificios en su Fase de explotación, representan los mayores contribuyentes de Co₂ al ambiente, considerando un servicio de alrededor de 50 a 70 años.

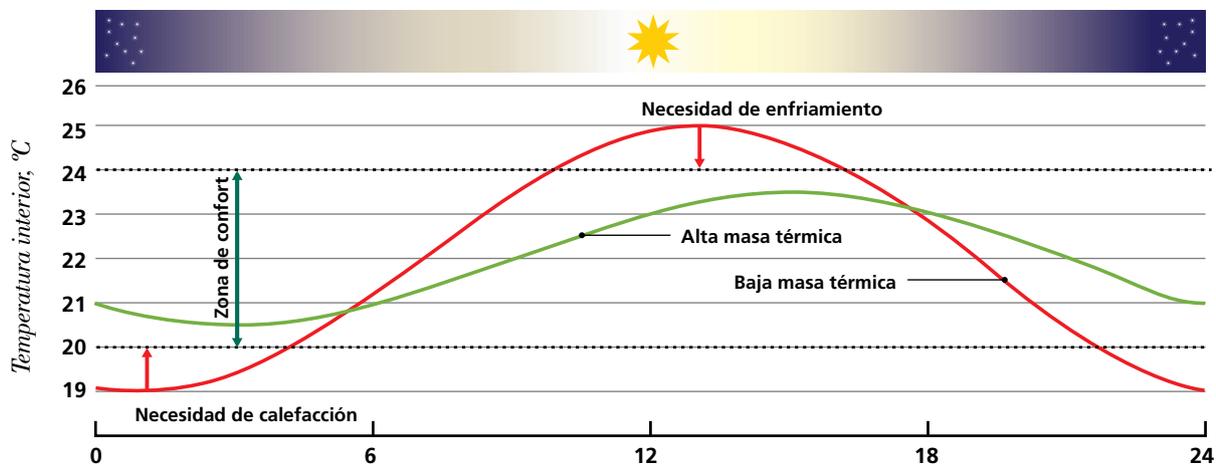
Los edificios constan de muchos materiales diferentes de construcción, tales como madera, yeso, ladrillos, cerámicos, ventanas, puertas, pisos, pintura, cables, calderas, etc.

El hormigón constituye una parte del sistema estructural (bases, losas, vigas, columnas, dinteles), siendo que en ocasiones, los problemas de durabilidad no son los más importantes, ya que el medio ambiente resulta moderado.

El uso de energía, principalmente para calefacción y refrigeración, pero también, para iluminación y otros servicios, asciende al 40% del consumo total en un edificio.

El desempeño energético de los inmuebles resulta, en muchos países, regulado por las autoridades. Sin embargo, el incremento en las tarifas energéticas estimula una mejora adicional de manera voluntaria.

Materiales de construcción de carga significativa, como es el caso de los hormigones, junto con otros de igual cuantía, brindan un beneficioso efecto sobre la eficiencia energética y el confort térmico de un edificio, debido a su alta masa térmica.



Empleo de la masa térmica del Hormigón en el ciclo diurno/nocturno

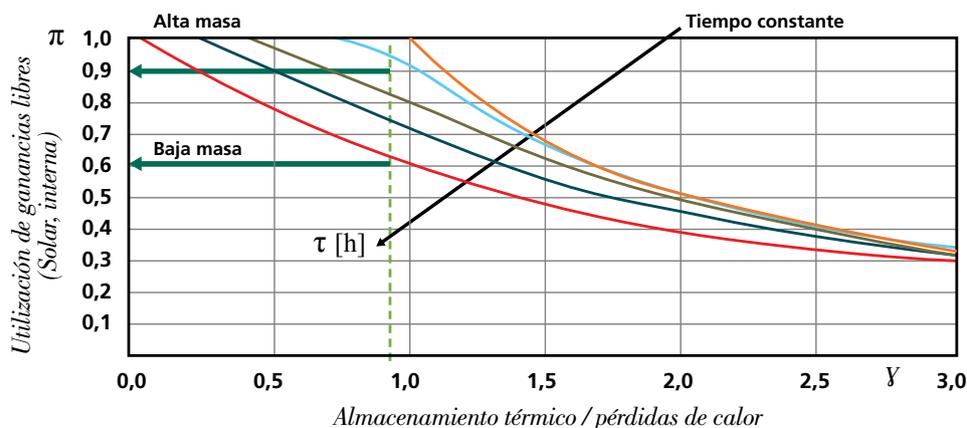
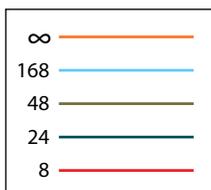
El mencionado efecto ha sido objeto de recientes investigaciones llevadas a cabo por el Centro Británico de Hormigón. El efecto resulta ser significativo para una vivienda -y en especial- para los edificios de oficinas.

En un procedimiento simplificado para los cálculos de balance de energía dada, la masa térmica está dirigida por el llamado "Factor de utilización", el cual se explica en la siguiente Figura.

Además, para utilizar el almacenamiento térmico, la temperatura se debe permitir variar -al menos- de 2 a 3 °C.

La "constante de tiempo" se define como la capacidad de calor dividido por las pérdidas del edificio. Las citadas pérdidas representan las fugas de energía por transmisión y las de aire a través de la envolvente de la obra analizada.

Utilización de almacenamiento térmico de acuerdo a EN ISO 13790 (2). Ejemplo: ganancia/pérdida 0,90 => ganancia utilización; Edificio con importante carga 0,95 y Edificio con poca carga 0,60



El efecto de almacenamiento térmico depende de la capacidad de calor eficaz, es decir, la capacidad total del calor que contribuye al intercambio de temperatura, entre la estructura y el aire interior, durante los ciclos de fluctuación.

Típicamente, la relación entre las ganancias y las pérdidas es baja durante el invierno y alta durante el verano. Por su parte, una alta constante de tiempo la temperatura se mantiene estable durante muchos días, mientras que una baja constante de tiempo implica un cambio rápido, de horas de duración.

La eficiencia energética fue examinada mediante un gran número de cálculos de balance de energía utilizando diversas herramientas informáticas y diferentes modelos, incluyendo el método estándar ISO 13.790 de la norma europea.

El número de días de exposición y la orientación de las ventanas conforman factores de importancia, los cuales afectan las ganancias solares.

Para el uso de oficinas, puede proponerse el almacenamiento térmico debido a las ganancias internas más importantes sumadas durante las horas de funcionamiento del edificio y las grandes fluctuaciones de las ganancias internas entre el día y la noche.

Inteligentes combinaciones de calefacción, ventilación, sombra solar, más el ingenioso diseño de la estructura del edificio, por ejemplo, con un aumento de refrigeración nocturna, pueden mejorar aún más la utilización de la masa térmica.

En la siguiente Figura, se explicita cómo la construcción es capaz de utilizar el aumento de la ventilación durante la noche, en este caso en el mes de agosto en un edificio londinense, reduciendo las demandas de refrigeración en un 40% en lugar del 62% verificado en otras obras donde no se analizan esos criterios.

La estabilidad térmica de los edificios ofrece ventajas competitivas mediante el mantenimiento de un clima interior, incluso, mientras consume un mínimo de energía. Si el diseño de la estructura del edificio y los sistemas de climatización se planean en forma integral y activa, los beneficios pueden incrementarse.

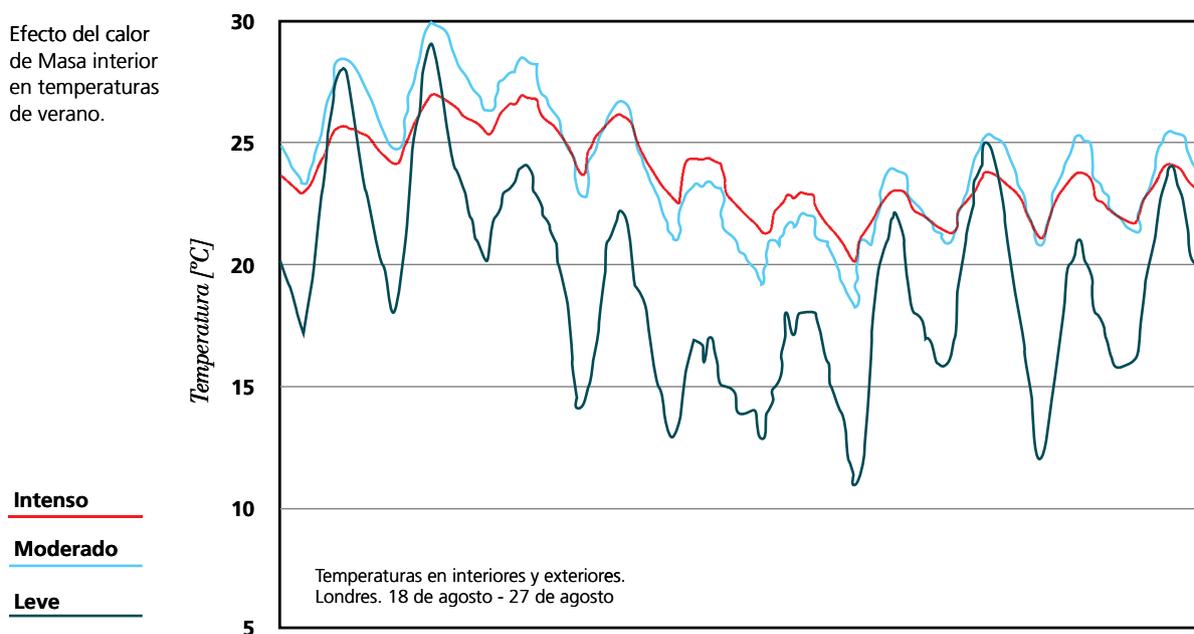
Por lo tanto, existe una satisfacción inherente, pero constante, más una considerable y potencial oportunidad. El cambio climático afecta las condiciones interiores térmicas. Los nuevos edificios deben adaptarse, en consecuencia, para salvaguardar la salud y comodidad de sus ocupantes.

Los edificios de hormigón proporcionan una buena estabilidad térmica, aplicando una solución sólida al problema, al reducir, o en muchos casos eliminar, la necesidad de refrigeración mecánica.

BENEFICIOS INHERENTES Y POTENCIALES

La no consideración del efecto de masa térmica provoca múltiples situaciones negativas en el planteo de un edificio de hormigón.

En ellos, el calor es naturalmente absorbido por la construcción cuando la temperatura ambiente au-



menta bajo la influencia de las ganancias solares y el calor de las fuentes internas, tales como personas, luces y aparatos eléctricos.

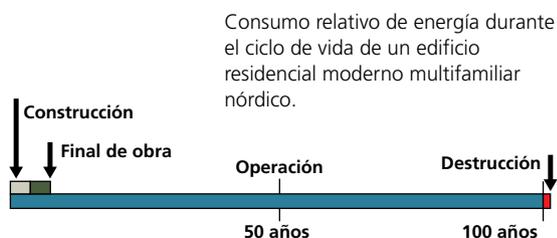
Cuando la temperatura ambiente disminuye durante la noche, el calor se libera al medio. La masa térmica se puede activar para obtener una mayor cantidad de energía de almacenamiento.

CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL

Un objetivo fundamental de los esfuerzos ambientales en el sector de la construcción actual radica en reducir la emisión de gases de efecto invernadero desde el entorno construido.

Esas emisiones están estrechamente relacionadas con el uso de la energía. En la Figura destacada a continuación se presenta la relación entre el consumo de energía durante las fases del ciclo de vida en referencia a un edificio moderno (residencial multifamiliar).

El énfasis de la fase de uso explica por qué el enfoque de la cuestión de la energía se vuelve vital en ese punto. Diferencias moderadas en cuanto al consumo de energía durante el funcionamiento de la obra, presentarán un significativo efecto sobre la vida del mismo en cuanto a la utilización de la energía, y por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de un edificio con una vida útil de 50 a 100 años.



COMPONENTES AISLANTES

Si la superficie del hormigón está cubierta por un material aislante del calor, tal como una alfombra pesada, el efecto de almacenamiento cae en consecuencia.

Además de limitar la energía, en general, el almacenamiento térmico también disminuye el efecto superior requerido para los sistemas de calefacción y refrigeración.

Ello resulta particularmente valioso en las llamadas “Casas pasivas”, donde las ganancias de energía libre deben ser plenamente utilizadas.

La demanda bajo efecto permite la utilización de reducidas fuentes de energía.

En un edificio normal, expuesto ante un clima templado, la demanda de energía para calefacción se reduce entre un 2 al 8%, dada la capacidad calorífica de la estructura de hormigón.

El calentamiento de un moderno edificio residencial en el norte de Europa, por lo general, asciende a 150 kWh/m² al año, por lo tanto, la capacidad calorífica puede ahorrar entre 3 a 12 kWh/ m² al año.

El impacto del citado ahorro en el ciclo de vida -relacionado con la Huella de Carbono-, depende de la fuente de energía de calefacción.

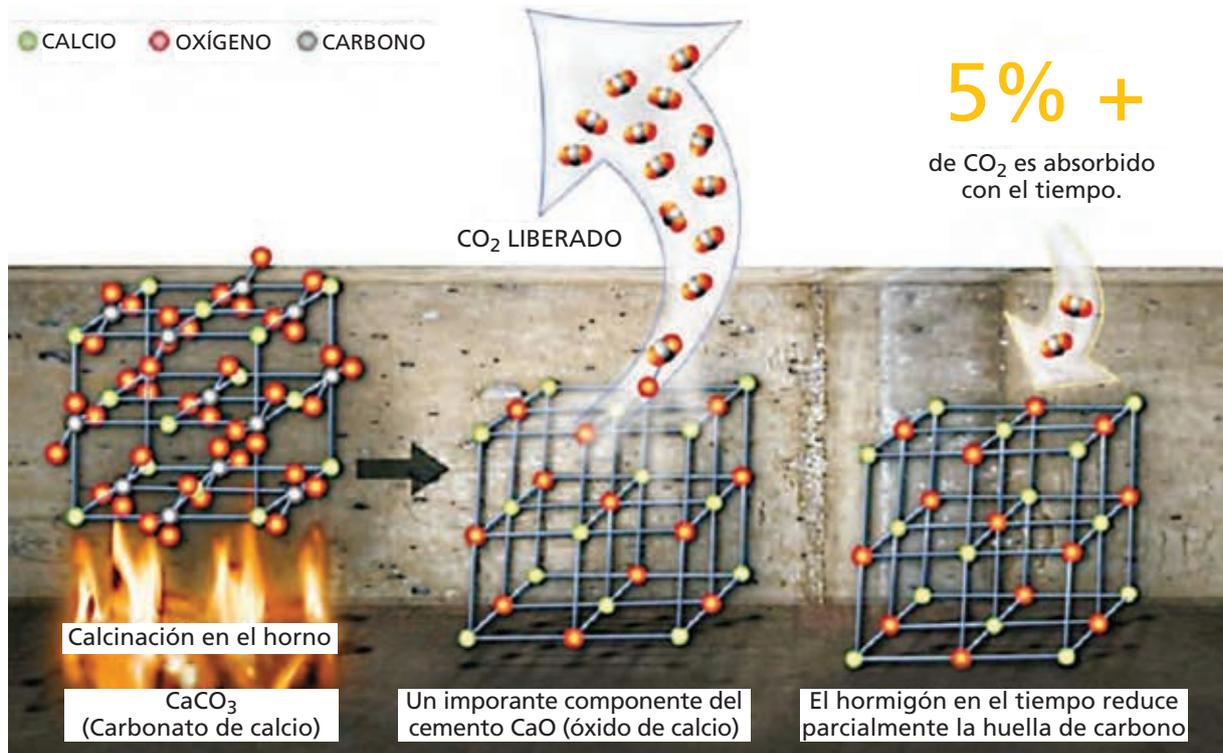
La huella de carbono del hormigón es relativamente significativa debido a dos factores:

- La energía utilizada para calentar la caliza (CaCO₃) en los hornos para formar CaO, uno de los componentes principales en el hormigón.
- Las cantidades de CO₂ liberadas a la atmósfera en la conversión de caliza a cal.

Sin embargo, un estudio reciente ha demostrado que a lo largo del tiempo el 5% o más del CO₂ total es reabsorbido por el hormigón, reduciendo la huella de carbono.

Se ha demostrado mediante investigaciones, que pequeñas cantidades de CO₂ se reabsorben en el hormigón aún décadas después de su aplicación, cuando los elementos del material se combinan con CO₂ para formar calcita.

LA HUELLA DE CARBONO DEL HORMIGÓN



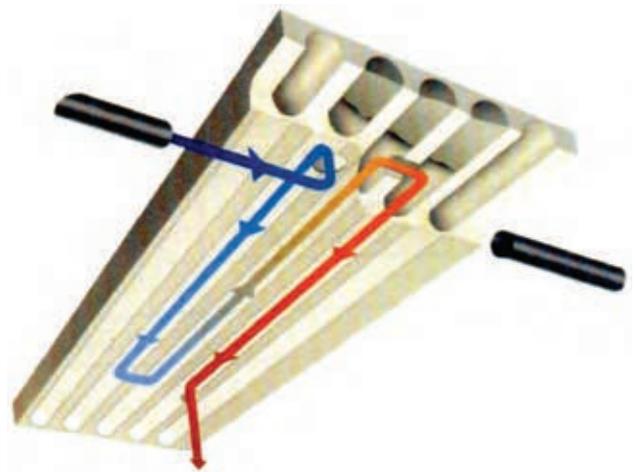
ALMACENAMIENTO TÉRMICO

Ante una vida promedio del edificio de unos 50 años, se cuantifica un ahorro debido al almacenamiento térmico el cual alcanza los 200 kg de CO₂ por m², dependiendo de la fuente de energía dispuesta.

En el futuro, cuando el uso de la energía para el funcionamiento de los edificios se reducirá aún más con el fin de acotar los efectos derivados del cambio climático, la economía en energía se reducirá consecuentemente.

Sin embargo, el beneficio de disponer de un Hormigón Sostenible, al colaborar en la estabilidad del clima interior, será aún mayor.

La capacidad de almacenamiento del hormigón se puede activar adicionalmente mediante la exposición de una mayor superficie al exterior. Cuando se diseña correctamente, el sistema puede mantener las temperaturas estables dentro de un edificio en el transcurso del día.



Esquema de principio de losa de hormigón en el cual el aire fresco frío (azul) se precalienta por el hormigón de la losa antes de la distribución a la habitación.

Durante condiciones de calor, el aire fresco caliente se enfría por el hormigón.

(Reproducido con permiso de AB Strängbetong, Sweden).

El clima interior se optimiza a partir de los siguientes componentes:

- La temperatura define el confort térmico de un edificio. Presenta una gran importancia para la productividad de los trabajadores, por ejemplo, en un edificio de oficinas. La masa térmica del hormigón colabora para asegurar un régimen de temperatura interior confortable.
- Humedad (en términos de humedad relativa) conforma un parámetro muy importante para evaluar el riesgo de crecimiento de hongos. La humedad también es importante como un parámetro para evaluar la degradación de los materiales de construcción en general. El hormigón es un material inorgánico, con capacidad para amortiguar grandes cantidades de humedad sin presentar degradación. Un metro cúbico de hormigón puede contener entre 60 y 70 litros de agua en su estructura de poros.
- La calidad del aire en términos de emisiones de los materiales de construcción que incluyen Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).
- El ruido es también un tema importante para el clima interior. El hormigón es un excelente mate-

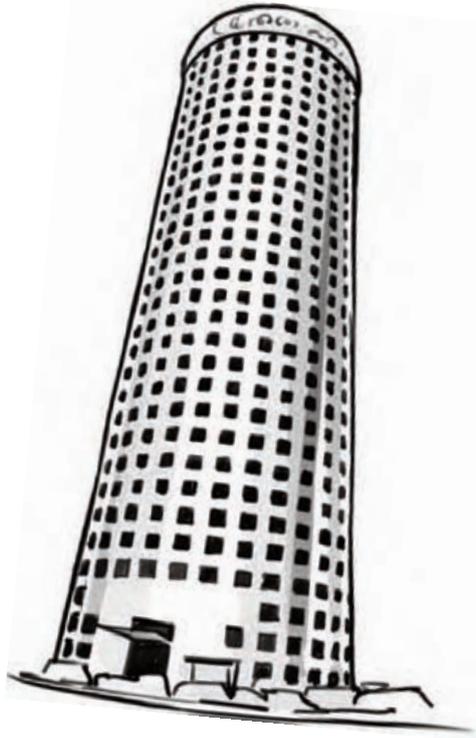
rial para amortiguar los impactos del ruido aéreo debido a su alta masa.

El hormigón es un material muy denso, atento a ello, se observarán ciertas exigencias a la hora de ventilar los edificios, a fin de evitar daños relacionados con la humedad en otros materiales de construcción (principalmente, en los de tipo orgánico).

Al disponer estructuras de hormigón en fachadas, losas y cubiertas, trabajando como barrera de vapor y material estructural, el riesgo de condensación de la humedad y los problemas relacionados, resultan de escasa importancia para el mantenimiento preventivo y correctivo, siendo posible rotular a estos tipos de Hormigones como Sostenibles. Existen varias investigaciones con respecto a las emisiones primarias de hormigón. Las mismas confirman insignificantes emisiones las cuales se verifican en las dos a cuatro semanas luego de la disposición de la masa pétreo en estado elástico dentro del encofrado.

Los análisis y estudios abarcan los casos de hormigones que contienen dosis relativamente altas de aditivos químicos o adiciones minerales.





MÓDULO

5

Demolición y reciclado del hormigón

Demolición y reciclado del hormigón

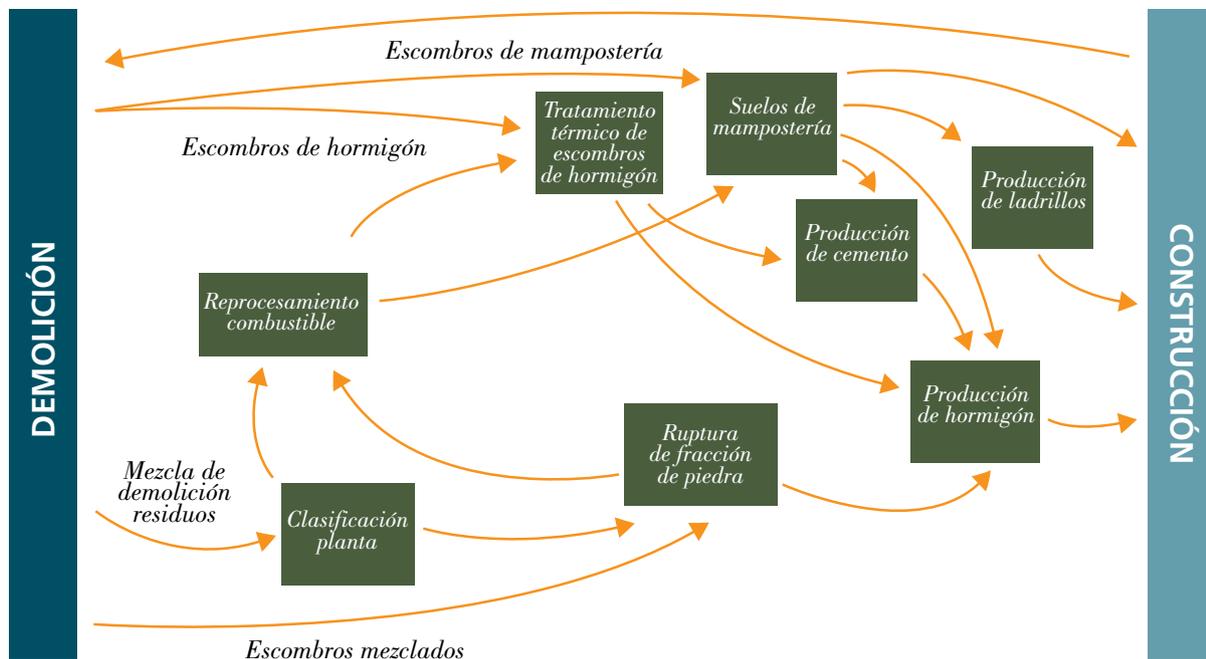
Cuando una estructura arriba al final de su vida útil debe desactivarse, disponiéndose de los residuos resultantes. La producción anual de los citados escombros de construcción y demolición suma 180 millones de toneladas en Europa y se espera que la cifra aumente significativamente en los próximos años.

Los residuos provenientes de la demolición de edificios pueden ser altamente reciclables y deben clasificarse de la siguiente forma:

- Residuos pedregosos, tales como el hormigón, piedra natural, ladrillos, cerámicos.
- Desechos de metal, recuperados para la producción de nuevas piezas metálicas.
- Materiales blandos para la combustión, por ejemplo, madera, plástico, papel.
- Sustancias peligrosas que necesitan ser desechadas de una manera controlada.

Nos concentraremos en el análisis de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) provenientes del Hormigón, ya que son fácilmente reciclados dentro de los procesos constructivos.

Estos materiales deben clasificarse en partes reutilizables, aplicándolos como sustitutos de los áridos naturales. Sin embargo, el proceso de demolición demanda energía y da lugar a emisiones de CO₂.



Por lo tanto, en el reciclaje de hormigón triturado es importante considerar las distancias de transporte entre el sitio de la demolición y la nueva aplicación, que es a menudo, el caso en torno a las grandes ciudades donde la construcción y demolición se producen en gran escala.

La performance de un Hormigón Sostenible el cual contiene áridos reciclados se ha documentado en numerosas investigaciones. Sin embargo, hasta ahora, la principal aplicación de los hormigones triturados se destina a la industria de la construcción, pero aplicados al relleno de sub-bases para carreteras, en lugar de disponerse en reemplazo de los agregados naturales dentro de las nuevas mezclas de hormigón.

El hormigón que permanece expuesto al exterior absorbe CO₂ como resultado del proceso de carbonatación. Durante la vida de servicio de una estructura de hormigón, el proceso de carbonatación es generalmente no deseado, ya que causa pasivación de la alcalinidad de la superficie pétreo, incrementando el riesgo de corrosión de la armadura.

Sin embargo, en muchos casos sirve en ambientes más protegidos, como las aplicaciones de interior, donde la durabilidad no resulta ser un aspecto crucial.

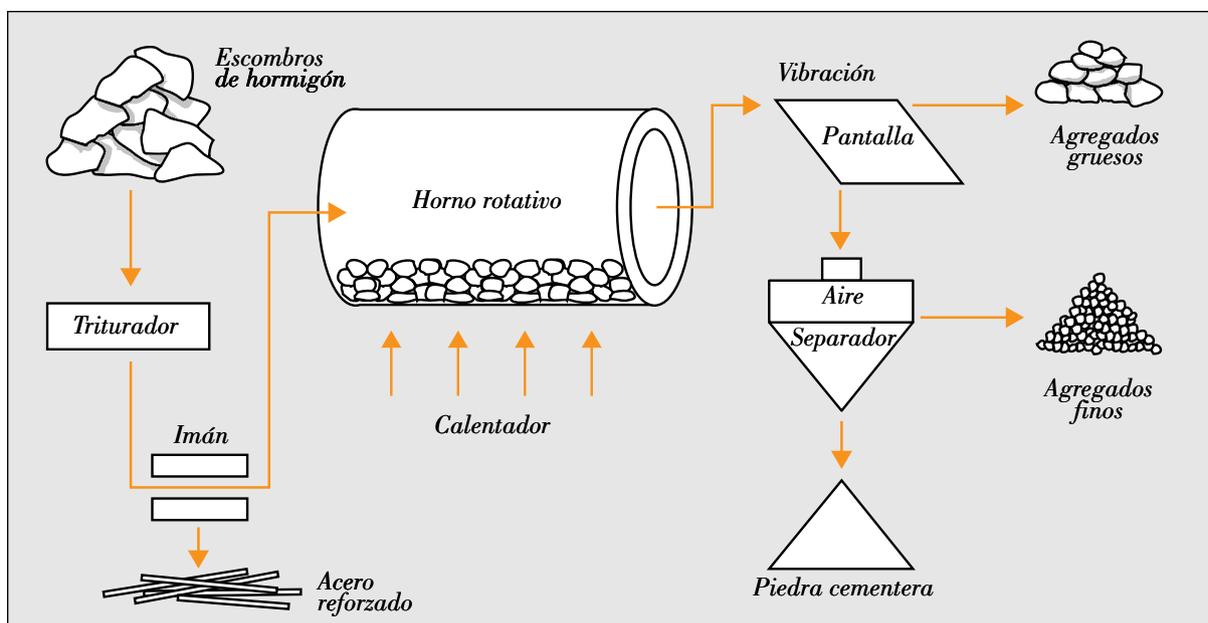
En paralelo, es importante incluir -como un significativo aspecto ambiental- la re-absorción de CO₂ durante el mencionado proceso de carbonatación. Se puede argumentar que el lapso de tiempo entre la liberación de CO₂ y la re-absorción es demasiado amplio para considerarse un mecanismo plausible.

También es verdad que la cantidad de CO₂ re-absorbido durante la vida útil de una estructura suele ser bastante baja. Ello se debe al hecho de que sólo la superficie de la estructura permanece en contacto con la atmósfera, y no la mayor parte del material.

La velocidad de carbonatación depende de la calidad del hormigón. Sin embargo, cuando se demuele una estructura y rompe en piezas más pequeñas al hormigón, dicho efecto se multiplica significativamente, acelerándose la tasa de carbonatación.

Durante el proceso de trituración del material se rompen los agregados originales produciendo un nuevo y fino material, el cual está compuesto por pasta de cemento y arena fina.

Estas finas partículas suman una muy alta superficie específica y son capaces de volver a absorber el CO₂ de manera eficiente.



Esquema de flujo de tratamiento térmico de escombros de hormigón

La calcinación de 1 kg de clinker de cemento implica -aproximadamente- 550 gramos de emisiones de CO₂, que es más de la mitad del total de las emisiones asociadas a la producción de clinker de cemento.

Recientes investigaciones llevadas a cabo en Noruega, han demostrado que alrededor del 75% del CO₂ calcinado se reabsorbe de nuevo en el hormigón, en parte durante la carbonatación de las superficies durante su ciclo de vida, pero especialmente, luego de la demolición y trituración.

Ello significa que si asumimos que 1 m³ de hormigón contiene alrededor de 300 kg de cemento, la emisión de CO₂ durante el proceso de calcinación, ascienden a 165 kg/m³ y alrededor de 125 kg pueden ser reabsorbidos por cada m³.

Para materiales livianos las cifras de emisiones son mucho más bajas, y a menudo, insignificantes.

Después de la clasificación y recuperación de las armaduras de acero, el hormigón demolido es triturado en diferentes fracciones para ser reciclados en la cons-

trucción de nuevas masas de hormigón.

El proceso de trituración implica emisiones de CO₂ de alrededor de 0.001 a 0.003 kg/kg, que se convierten en el volumen produciendo 2 a 6 kg de Co₂ por m³ de hormigón.

Por lo tanto, las cifras totales de emisiones van desde -aproximadamente- 10 a 30 kg de Co₂ por cada m³ de hormigón demolido.

Este espectro puede compararse con la capacidad de reabsorción potencial analizada anteriormente, es decir, 125 kg de CO₂ por cada m³ de hormigón triturado.

Vemos que la capacidad de reabsorción de un solo m³ de hormigón supera las cifras de emisiones durante la demolición y trituración.

Efectuando el recupero de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), se logra una buena manera de reducir al mínimo las emisiones de CO₂, evitándose el agotamiento de los recursos naturales derivados en la obtención de nuevos agregados.

FIN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS HORMIGONES SOSTENIBLES

El fin de la vida útil del Hormigón Sostenible permanece vinculado al abandono de la obra y su consecuente demolición.

Considerando que la vida útil de diseño de las obras rondan los 50 años para las privadas y 70 u 80 para las de carácter público, resulta posible conocer la energía requerida para la demolición de una estructura y su huella de carbono asociada.

Como ya vimos los términos “Reciclado” y “Reutilización” conforman los dos aspectos principales a considerar por parte del proyectista en el horizonte de la vida útil de la obra.

El Hormigón Sostenible brinda, por su integralidad, una vida útil mucho mayor que la de la obra a la cual le aporta sustento y esa diferencia marca una acción necesaria a la hora del diseño arquitectónico.

Un hormigón sostenible, según la normativa actual de los países que establecen el Estado del Arte en la materia, atiende básicamente aspectos de resistencia y durabilidad.

A más resistencia mayor energía necesaria para la demolición, y a mayor durabilidad, tanto mayor diferencia entre la vida útil de la obra y la del hormigón.

El fin del ciclo útil del hormigón, además de la demolición, requiere de un traslado y disposición definitiva.

RECUPERACIÓN DE LOS HORMIGONES SOSTENIBLES

La recuperación del hormigón permanece hoy en día vinculada a la reutilización y el reciclado. En lo que hace a la reutilización, se derivan dos vertientes principales. Una es la debida a un cambio adaptativo a través de un nuevo proyecto de arquitectura, el cual utilice

la estructura existente. Otra implica la reutilización de las partes estructurales en una nueva obra a través de una tipología que posibilite su reutilización. Este aspecto es particularmente factible en estructuras prefabricadas, cuando el diseño fuera concebido bajo la premisa de la reutilización.

El reciclado, en cambio, requiere de una demolición y clasificación de los residuos, los cuales más tarde, serán utilizados en una nueva estructura.

El traslado y disposición transitoria de los productos de demolición para su posterior empleo, requiere contemplar aspectos ambientales asociados a la producción de polvo y ruido, a las distancias de transporte y al medio urbano donde se desarrollan.

ASPECTOS SUSTANCIALES DE LA DEMOLICIÓN Y RECICLAJE DE LOS HORMIGONES

- Los Hormigones pueden ser completamente reciclados tras la demolición.
- Se ha demostrado recientemente que luego de demolido y reciclado, el hormigón reabsorbe cantidades significativas de CO₂ que fueron emitidas durante el proceso de producción del cemento.
- Cuando se cumple la vida útil de la estructura se la demuele, tritura y dispone a cielo abierto.

De esta manera, una gran cantidad de la superficie porosa, se pone en contacto con el aire y la reacción de recarbonatación puede proceder velozmente.

Se pueden reabsorber, de esta forma, en un período de 2 a 3 años, entre 15 y 35 kg CO₂/m³.

Al considerar el ciclo de vida de una obra de hormigón, como un pavimento, por ejemplo, se han de tener en cuenta los siguientes factores involucrados, para los ítems señalados a continuación:

- **Materiales:** Extracción, producción y transporte.
- **Construcción:** Demoras en el tránsito, equipos en el sitio.

- **Vida en servicio:** Carbonatación superficial, iluminación, albedo, resistencia al deslizamiento, lixiviación de metales pesados.
- **Mantenimiento y Rehabilitación:** Transporte, equipos en el sitio.
- **Demolición y Reciclado:** Transporte, equipos en el sitio.

Mientras que la sostenibilidad de los edificios se puede aumentar de manera significativa mediante la extensión de su vida útil, llega un momento en el cual las obras deben ser demolidas y reemplazadas.

La demolición del hormigón colado “in situ”, del prefabricado y otros sistemas constructivos que aplican dicho material, se puede lograr con relativa facilidad mediante eficientes equipos de corte y traslado en obra.

El siguiente ejemplo de reutilización de los componentes del hormigón puede ilustrar respecto de la simplicidad de dicho concepto.

En la Mehrow Residencia, ubicada en un área cercana a la ciudad de Berlín, Alemania, el arquitecto Hervé Biele ha diseñado nuevas viviendas familiares, las cuales reutilizan las paredes completas, placas de piso y techos de una demolida torre de 11 pisos.

Los únicos costos significativos de energía surgieron del transporte de los paneles de cinco toneladas y el empleo de una grúa portátil.

Sin embargo, las emisiones de los combustibles habituales asociados con la extracción de áridos, fabricación de cemento y mezcla fueron eliminados, por lo tanto, la reutilización de los paneles prefabricados conformó una opción sumamente sostenible.

En este caso de éxito, la empresa de demolición proporcionó los paneles en forma gratuita, lo cual impidió analizar el costo de eliminación y al arquitecto Biele cuantificar el valor de las materias primas.

Considerando que el hormigón es el material más utilizado en la industria de la construcción y que su pro-

ducción insume grandes cantidades de energía y recursos naturales, toda acción tendiente a mejorar sus propiedades de sustentabilidad resulta de gran interés para la protección del medio ambiente.

Con el objeto de optimizar dichas propiedades, en los últimos años, se han desarrollado distintos tipos de hormigones caracterizados por el reemplazo de agregados naturales por agregados reciclados y/o por la sustitución de parte del contenido de cemento por adiciones obtenidas a partir de residuos de procesos industriales, como por ejemplo, las cenizas volantes.

NUEVAS EXPERIENCIAS

Se han llevado a cabo distintas experiencias en nuestro país empleándose un tipo particular de Hormigón con Agregados Reciclados (RAC, Recycled Aggregate Concrete), en el que los agregados gruesos naturales son parcial o totalmente sustituidos por agregados reciclados obtenidos a partir de la trituración de hormigones de desecho.

Las principales ventajas del tipo de agregado reciclado considerado puede decirse que son dos: Por un lado, su uso ayuda a preservar las fuentes de agregados naturales y consecuentemente a reducir el impacto ambiental asociado con la explotación de dichos recursos, y por otro lado, permite reducir la cantidad de hormigón de desecho.

Este último, proviene de distintas fuentes entre las cuales pueden mencionarse demoliciones, desechos de laboratorios de ensayos experimentales, sobrantes de la construcción de obras, y lamentablemente, grandes catástrofes -como por ejemplo- sismos de gran envergadura.

Muchos trabajos de investigación se han avocado al estudio de los RAC en los últimos años, fundamentalmente, en lo relacionado con su obtención, propiedades físicas y comportamiento mecánico.

Se ha comprobado que los agregados reciclados obtenidos a partir de la trituración del hormigón, presentan una mayor porosidad respecto de los agregados naturales, debido a que una fina capa del mortero original permanece adherida al agregado reciclado luego del proceso de trituración.

Actualmente, algunas recomendaciones internacionales consideran la utilización de los RCA. En general, se aconseja limitar a bajos valores el porcentaje de reemplazo de los agregados naturales por los agregados reciclados (alrededor del 30%) y bajo dichas condiciones, se acepta el empleo de ese hormigón para fines estructurales.

La utilización de RACs con bajos porcentajes de reemplazo ya es una realidad en muchos países, incluyendo a la Argentina.

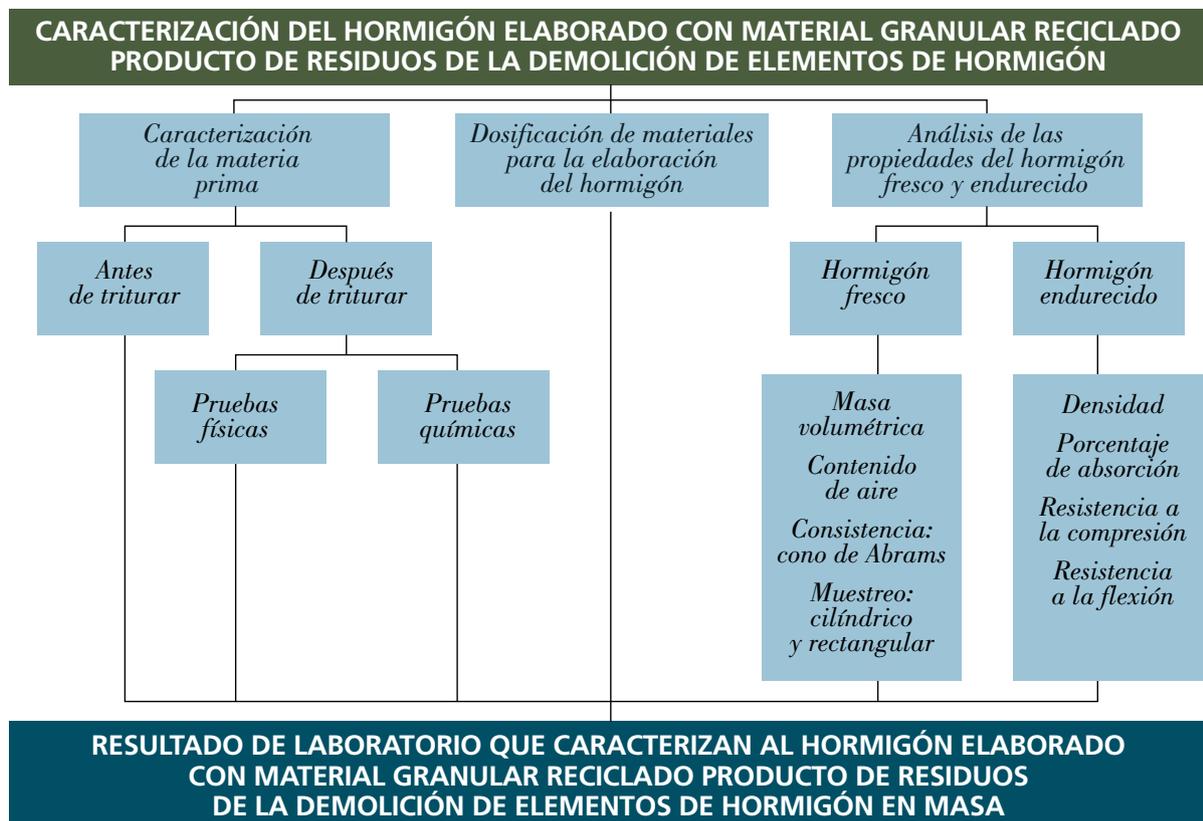
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA UTILIZACIÓN DE HORMIGONES RECICLADOS

La Norma IRAM 1531, aprobada con cambios en el año 2016, indica los requisitos a cumplir por parte de un agregado reciclado de hormigón endurecido para poder ser utilizado en nuevos hormigones.

Reproducimos a continuación sus aspectos fundamentales.

AGREGADO GRUESO

El agregado grueso podrá estar constituido por rocas naturales, partidas, canto rodado, canto rodado total o parcialmente partido, agregados artificiales o mezclas de los mismos.



Fuente: Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. J. C. Rolón Aguilar, D. Nieves Mendoza, R. Huete Fuertes, B. Blandón González, A. Terán Gilmore y R. Pichardo Ramírez.

El agregado deberá estar constituido por una mezcla de dos o más fracciones, que cumplirán con todo lo indicado en la correspondiente especificación, incluyendo los límites granulométricos dados en la Tabla adjunta, cuando:

- a) Se utilice en hormigones de clase mayor a H-21 y el tamaño máximo nominal exceda de 26,5 mm.
- b) Se utilice en hormigones de clase igual o menor a H-21 y el tamaño máximo nominal exceda de 37,5 mm.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso a utilizar será menor que:

- a) $1/3$ del espesor de la losa o $1/5$ de la menor dimensión lineal de cualquier otro elemento estructural.
- b) $3/4$ de la mínima separación libre, horizontal o vertical, entre dos barras contiguas de armaduras, o entre grupos de barras paralelas en contacto directo que actúen como una unidad.

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

Estabilidad volumétrica frente a ciclos de congelación y deshielo

Los agregados gruesos que se utilicen en la elaboración de hormigones sujetos a la acción de ciclos de congelación y deshielo, al ser sometidos a cinco ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio (norma IRAM 1525), arrojarán una pérdida de masa menor del 12%.

Estabilidad de rocas basálticas

Cuando se utilice como agregado grueso roca basáltica en hormigones sometidos a ciclos de humedecimiento y secado, la valoración de la aptitud del material se realizará conforme a los siguientes pasos:

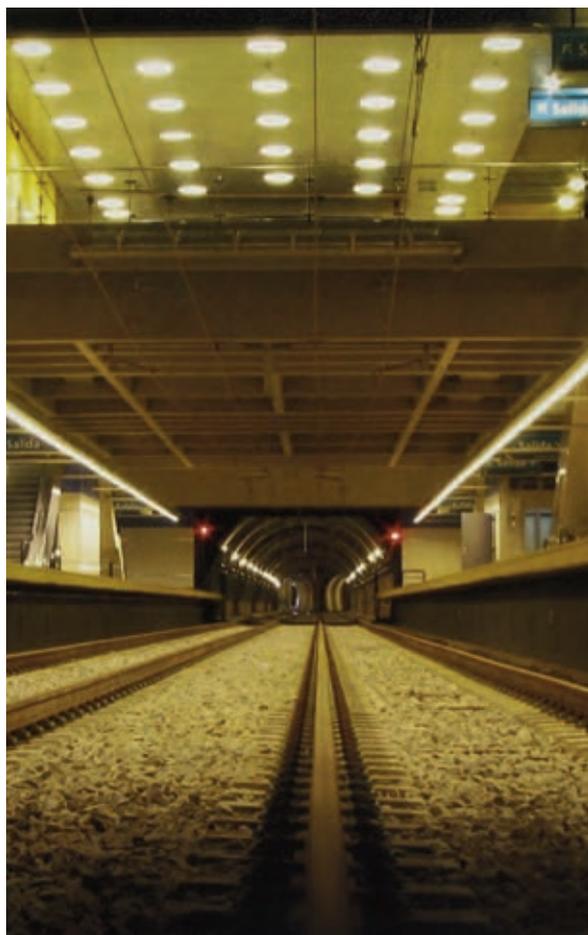
- a) Examen petrográfico del agregado mediante microscopía óptica, con el auxilio de técnicas de análisis complementarias, tales como difracción de rayos X (DRX) y/o microscopía electrónica de

barrido (SEM), a los efectos de diagnosticar la presencia de arcillas expansivas, determinando su cantidad y distribución.

- b) Cuando a partir del análisis petrográfico se detecte en el agregado la presencia de arcillas expansivas se realizará el ensayo de estabilidad volumétrica por inmersión en etilenglicol, según norma IRAM 1519. Se considerará que el agregado es de calidad aceptable para la elaboración de hormigones cuando la pérdida en peso, al cabo de 30 días de inmersión en etilenglicol, no supere el 10%.

Reacción álcali – agregado

Los agregados gruesos que se utilicen en la elaboración de hormigones que van a estar bajo la acción de la humedad, deberán ser analizados desde el punto de vista de la reacción álcali - agregado.



AGREGADO FINO

El agregado fino estará constituido por partículas de origen natural o artificial o mezclas de ambas. Se deberá cumplir con la Norma IRAM 1.512 “Agregado fino para hormigones de cemento Portland”.

Composición granulométrica

El total del agregado fino ensayado según norma IRAM 1505, al ingresar a la hormigonera, tendrá una granulometría que cumpla con los siguientes requisitos:

- Hormigones de clase H-21 o mayor:** Curva granulométrica comprendida dentro de los límites que determinan las curvas A y B dadas en la Tabla siguiente.
- Hormigones de clase menor de H-21:** Curva granulométrica comprendida dentro de los límites que determinan las curvas A y C dadas en la Tabla siguiente.
- En todos los casos, el módulo de finura estará comprendido entre 2.30 y 3.10.

CURVAS GRANULOMÉTRICAS DEL AGREGADO FINO			
Tamiz (Designación)	Porcentaje máximo que pasa, acumulado, en masa		
	Curva A	Curva B	Curva C
9.5 mm (3/8")	100	100	100
4.75 mm (N° 4)	95	100	100
2.36 mm (N° 8)	80	100	100
1.18 mm (N° 16)	50	85	100
600 µm (N° 30)	25	60	85
300 µm (N° 50)	10	30	45
150 µm (N° 100)	2	10	10

Si la granulometría excede hasta 10 unidades porcentuales los límites de la curva B en el conjunto de tamices IRAM 1.18 mm, se considerará que el agregado cumple los requisitos granulométricos especificados.

Las 10 unidades porcentuales mencionadas podrán comprender a un solo tamiz o formarse por la suma de las unidades porcentuales que excedan los límites de más de uno de los tres tamices indicados.

En ningún caso, el agregado fino tendrá más del 45 % ni menos del 20 % de material retenido en dos tamices consecutivos cualesquiera de los indicados en la Tabla precedente.

Si el módulo de finura del agregado fino recibido en obra difiere en más de 0.20 del valor establecido en la presente, dicha partida será rechazada.

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

Estabilidad volumétrica frente a ciclos de congelación y deshielo

Los agregados finos que se utilicen en la elaboración de hormigones sujetos a la acción de ciclos de congelación y deshielo, al ser sometidos a cinco ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio (norma IRAM 1525), arrojarán una pérdida de masa menor del 10%.

Reacción álcali-agregado

Los agregados finos que se utilicen en la elaboración de hormigones, en lo referente a la reacción álcali-agregado, deberán cumplir con lo estipulado en la normativa sobre el particular.

Adiciones minerales pulverulentas

El hormigón podrá contener adiciones minerales pulverulentas tales como: Puzolanas, cenizas volantes, pigmentos colorantes, microsílíce, etc. cuando se demuestre fehacientemente mediante ensayos, realizados por un laboratorio competente en la materia, asegurando que su empleo en las cantidades previstas produce el efecto deseado en el hormigón, sin producir

acciones desfavorables o perjudicar la protección de las armaduras.

Serán tenidos en cuenta los volúmenes y pesos que estas adiciones aportan a la mezcla al establecer sus proporciones.

Las adiciones minerales pulverulentas normalizadas por IRAM deberán cumplir las especificaciones de calidad correspondientes (IRAM 1667 “Escorias granuladas de alto horno”, IRAM 1668 “Puzolanas”).

Cuando se trate de adiciones minerales no normalizadas por IRAM, la inspección respectiva podrá autorizar su empleo en el hormigón en tanto cumplan con alguna otra norma internacional de reconocida aplicación, tal como ASTM, BS, CSA o similar.

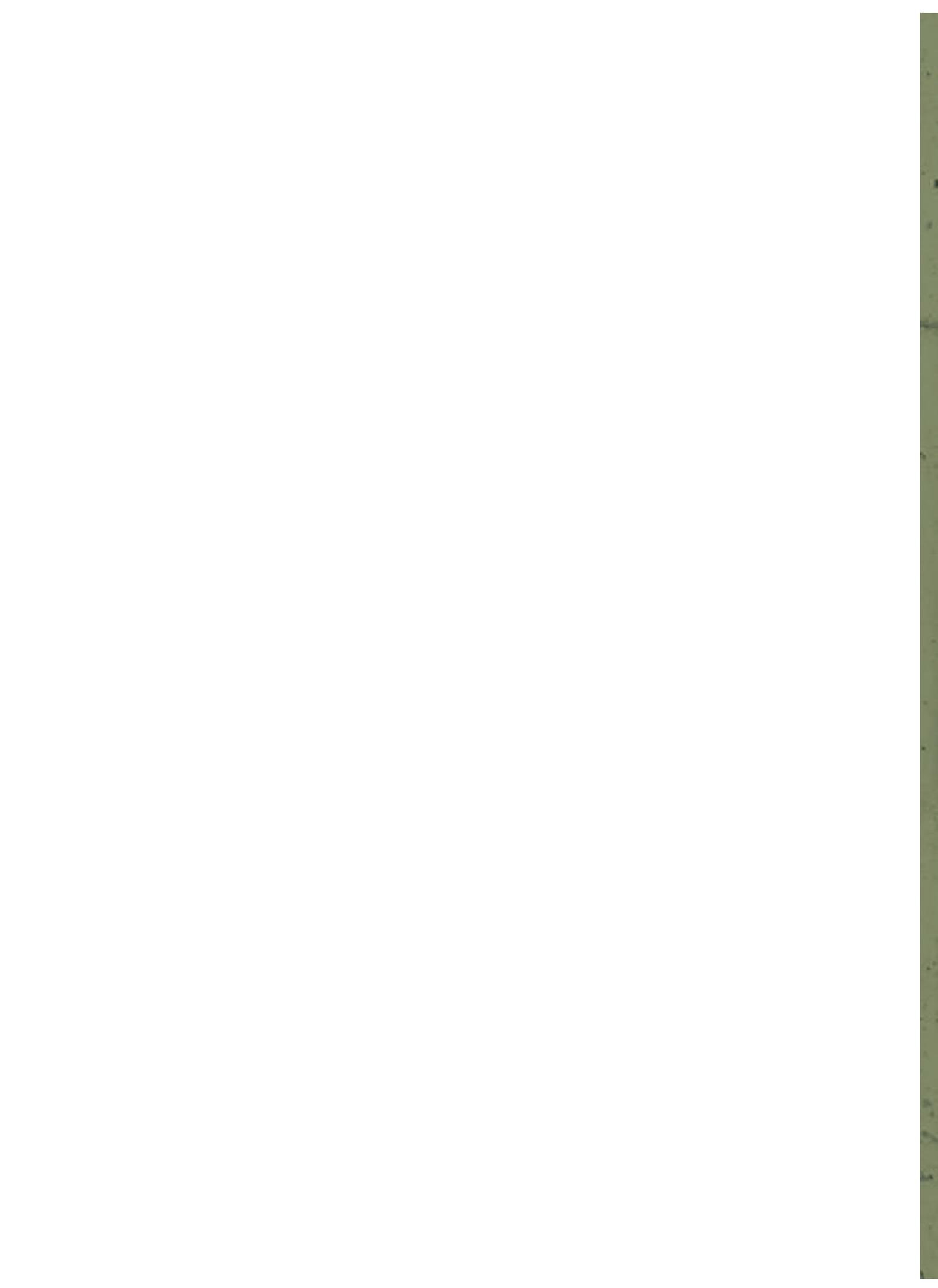
Aditivos para hormigones

Se podrán utilizar aditivos químicos en los hormigones con el objeto de modificar alguna o varias de sus propiedades en la forma deseada.

El Contratista o Proveedor deberá presentar, para la autorización por parte de la Inspección, un certificado de calidad de cumplimiento de la norma IRAM 1663, conteniendo los resultados de los controles efectuados por el fabricante dentro de los últimos 3 meses, a contar desde la fecha de adjudicación de la obra.

Aprobada la utilización de un aditivo químico, no se permitirá sustituirlo por otro de distinto tipo o marca sin una nueva autorización escrita.







**Buenas
prácticas**

BUENAS PRÁCTICAS:

Especificaciones para la acreditación de la calidad de las PyMEs constructoras y productoras de hormigón

Reproducimos las Especificaciones Técnicas redactadas por el Centro de Investigaciones Avanzadas en Tecnología del Hormigón de la Universidad Nacional de Córdoba. Las mismas conforman un compendio técnico de referencia.

Estas Especificaciones son de aplicación en aquellos hormigones de peso normal a utilizarse en las estructuras de edificios, puentes y pavimentos entre otras, realizadas por las empresas constructoras y productoras de hormigón.

No se aplicará para la recepción de hormigones livianos o pesados, para los cuales se deberán aplicar las reglamentaciones que específicamente existan sobre el tema, tales como la Norma IRAM 1.567: Agregados Livianos para Hormigón Estructural.

No se aplicará en estructuras donde el hormigón, en condiciones normales de servicio, se encuentre sometido a temperaturas mayores a los 70 °C.

Estas Especificaciones tienen como referencia básica la última versión aprobada de los reglamentos y recomendaciones redactadas por el Centro de Investigaciones de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) y las últimas versiones aprobadas de las Normas IRAM.

MATERIALES

Las PyMEs respectivas deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos de los materiales establecidos en estas Especificaciones. La falta de cumplimiento de los requisitos de los materiales establecidos en la presente, implicará el rechazo de los mismos.

Las PyMEs involucradas podrán realizar, cuando lo consideren conveniente, muestreos de los materiales con el objeto de inspeccionar y evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente, en un todo de acuerdo a las siguientes normas: Agua para morteros de hormigones de cemento Portland (IRAM 1.601), Cementos - Muestreo (IRAM 1.643), Agregados para hormigones - Muestreo (IRAM 1.509), Aditivos - Muestreo (IRAM 1.663) y Puzolanas - Características y Muestreo (IRAM 1.668).

AGUA

El agua utilizada para lavar los agregados, mezclar y curar el hormigón puede provenir de una red cuya potabilidad sea certificada por un laboratorio competente en la materia. En tal caso no será necesario realizar ensayos de idoneidad de la misma. El agua utilizada para lavar los agregados, mezclar y curar el hormigón, que no provenga de una red de agua potable podrá utilizarse si cumple con los requisitos de la Norma IRAM 1 601.

CEMENTO PORTLAND

Para la ejecución de estructuras de hormigón sólo se utilizarán cementos a base de clinker Portland, de marcas o procedencias aprobadas por los organismos nacionales habilitados, que cumplan con los requisitos de calidad especificados por las normas IRAM correspondientes a su tipo y categoría de resistencia, según se indica en la Tabla siguiente.

En una misma pieza o elemento estructural no se permitirá el uso de cementos de distintos tipos, propiedades o marcas. Al ingresar a la hormigonera el cemento no tendrá grumos y su temperatura será menor de 70 °C.

DATOS GARANTIZADOS A PRESENTAR POR EL CONTRATISTA O PROVEEDOR

El Contratista o Proveedor deberá presentar un informe donde especifique las propiedades de los materiales indicadas en las siguientes tablas, según las normas IRAM correspondientes y realizando el muestreo en un todo de acuerdo a sus respectivas normas IRAM para la autorización por parte de la Inspección, antes de la ejecución de las tareas de hormigonado.

Estas Especificaciones tienen como referencia básica la última versión aprobada de los reglamentos y recomendaciones redactadas por el Centro de Investigaciones de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) y las últimas versiones aprobadas de las Normas IRAM.

TIPO DE CEMENTO	NORMA IRAM	A USAR EN HORMIGÓN
Cemento Portland Normal	1503	Sin armar, armado o pretensado
Cemento Portland de alta resistencia inicial	1646	
Cemento Portland Puzolánico	1651 - I	
Cemento Portland moderadamente resistente a los sulfatos	1656 - I	
Cemento Portland altamente resistente a los sulfatos	1669 - I y II	
Cemento Portland de bajo calor de hidratación	1670	
Cemento Portland resistente a la reacción álcali-agregado	1671	
Cemento Portland con "filler" calcáreo	1592	
Cemento Portland con escoria de alto horno	1636	Sin armar o armado
Cemento de escoria de alto horno	1630	

AGREGADO GRUESO

PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYO	VALORES LÍMITE	OBSERVACIONES
Densidad relativa en condición s.s.s. y absorción (IRAM 1.533)*		Densidad relativa máxima 3.000 - mínima 2.000	Para c/tracción
Granulometría y módulo de finura de c/fracción (IRAM 1.505)		Comprendida dentro de los límites para c/tamaño nominal s/ IRAM 1.627	El total del agregado debe estar comprendido dentro de las curvas límites
Desgaste Los Ángeles (IRAM 1.532)		Menor al 45 %	Para el total de agregado
Material que pasa a través del tamiz de 74 mm (n. 200) (IRAM 1.540)		Valor máx. 1%	Para el total de agregado
Sales solubles (IRAM 1.647)		Valor máx. 1.5 %	Para el total de agregado
Sulfatos (expresados como anhídrido sulfúrico) (IRAM 1.647)		Valor máx. 0.075 %	Para el total de agregado

* Si las fracciones que componen el agregado grueso provienen del mismo origen, no será necesario el ensayo para cada fracción.

AGREGADO FINO

PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYO	VALORES LÍMITE	OBSERVACIONES
Densidad relativa en condición s.s.s. y absorción (IRAM 1.520)		Densidad relativa máxima 3.000 - mínima 2.000	Para c/tracción
Granulometría y módulo de finura de c/fracción (IRAM 1.505)		Comprendida dentro de las curvas límites s/ IRAM 1.627	El total del agregado debe estar comprendido dentro de las curvas límites
Material que pasa a través del tamiz de 75 mm (n. 200) (IRAM 1.540)		Valor máx. 3% para calzada Valor máx. 5% para obras complementarias	Para el total de agregado
Sales solubles (IRAM 1.647)		Valor máx. 1.5 %	Para el total de agregado
Sulfatos (expresados como anhídrido sulfúrico) (IRAM 1.647)		Valor máx. 0.1 %	Para el total de agregado
Materia orgánica (IRAM 1.512)		Índice colorimétrico máx. 500 p.p.m.	Para el total de agregado

AGUA

Procedencia	Resultados de ensayos	Valores límites
	Adjuntar	S/IRAM 1.601

CEMENTO PORTLAND

Marca	Tipo de cemento
Protocolo con las propiedades físicas y químicas del cemento, que acredite como mínimo, el cumplimiento de la respectiva norma IRAM	Adjuntar resultados de ensayos

ADICIÓN MINERAL PULVERULENTA

Datos	
Marca:	
Procedencia:	
Tipo de material pulverulento:	
Kilos por m ³ de hormigón:	
Densidad relativa:	
Otros:	

ADITIVOS PARA HORMIGONES

Datos	
Marca:	
Fabricante:	
Tipo de aditivo o función:	
Estado:	
Dosis utilizada respecto al tenor de cemento:	
Densidad relativa a 20 °C:	
Informe de cumplimiento de Norma IRAM 1.663:	

DOSIFICACIÓN, PRODUCCIÓN, MEZCLADO Y TRANSPORTE

La falta de cumplimiento de los requisitos establecidos para la dosificación, producción, mezcla y transporte del hormigón, implicará el rechazo del mismo, estando a cargo del contratista o proveedor los daños y perjuicios ocasionados.

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

REQUISITOS GENERALES

La composición del hormigón deberá satisfacer los requerimientos de consistencia, trabajabilidad, resistencia mecánica, durabilidad, condiciones necesarias para

la protección de las armaduras y demás características especificadas para el hormigón endurecido.

El contenido unitario de cemento será el que resulte necesario para obtener las resistencias mecánicas y demás características especificadas en la documentación particular de la obra respectiva.

El contenido unitario mínimo de cemento Portland en el hormigón estructural sin armar será de 200 Kg/m³, salvo que por requisitos de durabilidad ese valor sea modificado según lo establecido en la presente. El requisito de contenido unitario mínimo de cemento Portland en el hormigón estructural armado será de 280 Kg/m³.

El contenido unitario máximo de cemento Portland en el hormigón será de 500 kg/m³.

La máxima relación agua/cemento se fijará en función de los requisitos de resistencia y durabilidad, prevaleciendo la condición más exigente.

En cualquier caso, la máxima relación agua/cemento para hormigones estructurales sin armar no será mayor de 0,7 y para hormigones estructurales armados y pretensados, no será mayor de 0,5.

DATOS A GARANTIZAR POR EL CONTRATISTA O PROVEEDOR

El contratista o proveedor deberá presentar los datos a consignar en la Tabla para la autorización por parte de la Inspección previo a la ejecución de las tareas de hormigonado.



DOSIFICACIÓN POR M ³ DE H°					
Materiales		Fracción		Total [kg]	Tolerancias
Agregado grueso:	Descripción de c/fracción	%*	Peso		+3%
Agregado fino:	Descripción de c/fracción	%*	Peso		+3%
Cemento:		-----			+3%
Agua:		-----			+3%
Aditivo químico:		-----			+3%
Adición mineral pulverulenta:		-----			+3%
Densidad teórica del hormigón fresco:		[kg/m ³]			
% de aire intencionalmente incorporado:					
Relación a/c:					
Consistencia Teórica					

* Cantidad en % de cada fracción respecto al peso total del agregado grueso.

** Cantidad en % de cada fracción respecto al peso total del agregado fino.

PRODUCCIÓN

ALMACENAMIENTO DE LOS AGLOMERANTES

El almacenamiento de los materiales aglomerantes deberá cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento CIRSOC 201.

El cemento se conservará en su envase original hasta el momento de su empleo cuando no sea entregado a granel y se acopiará bajo techo protegido de la intemperie, separando las bolsas del suelo y paredes -por lo menos- a una distancia de 15 centímetros.

Si el cemento estuvo almacenado durante un período mayor de 60 días en bolsas originales o de 180 días en silos, antes de ser utilizados, deberán ensayarse para verificar el cumplimiento de los valores declarados por el fabricante de cemento en el protocolo.

ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS

Los agregados se almacenarán de forma tal de evitar la segregación de partículas, la contaminación con sustancias extrañas y la mezcla de agregados de distintos tamaños máximos o granulometrías.

Para verificar el cumplimiento de las citadas condiciones, los ensayos para determinar la limpieza y granulometría, se realizarán sobre muestras extraídas en el lugar de medición de los mismos, previo al ingreso a la hormigonera.

Los agregados se acopiarán sobre un piso de apoyo constituido por una capa del mismo material, de 30 cm -como mínimo- de espesor, el cual no se utilizará para elaborar hormigones, o en su defecto, por un hormigón pobre con un espesor mínimo de 10 cm o cualquier otro tipo de piso de mejor calidad que los anteriormente citados.

Se podrá formar una sola pila de agregado grueso cuando el tamaño máximo del mismo sea menor o igual a 25 mm (1"). Cuando el tamaño máximo sea mayor, se deberán acopiar en pilas distintas según cada fracción, con el objeto de evitar la segregación de partículas de diferentes tamaños. En caso que el agregado grueso o fino esté constituido por una mezcla de fracciones, cada una de ellas se almacenará y medirá separadamente.

ALMACENAMIENTO DE LAS ADICIONES MINERALES PULVERULENTAS

Para el almacenamiento de las adiciones minerales pulverulentas regirán las mismas disposiciones que para los materiales aglomerantes indicados.

ALMACENAMIENTO DE LOS ADITIVOS

Los aditivos químicos se almacenarán en sus envases originales herméticamente cerrados, al reparo del sol y bajo techo, cuando no sean entregados a granel. En ambos casos, serán identificados con un rótulo que deberá estar en un todo de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 1.663 y se deberá garantizar la no contaminación del mismo con sustancias perjudiciales para el hormigón, sin alterar su naturaleza.

ALMACENAMIENTO DEL AGUA

El almacenamiento del agua deberá garantizar que no se contamine con sustancias perjudiciales para el hormigón.

INFORMACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN EN LA PLANTA HORMIGONERA

El informe sobre la composición del hormigón en la planta hormigonera deberá cumplir con lo establecido en el Reglamento CIRSOC 201. Cuando la dosificación del hormigón esté automatizada, la inspección podrá verificar la dosificación especificada en la base de datos

de las máquinas dosificadoras y controlar la automatización del proceso de dosificación.

MEDICIÓN DE LOS MATERIALES

La medición de los materiales se realizará en masa. En casos excepcionales, cuando la resistencia del hormigón especificada sea menor de 17 MPa, no se requiera la utilización de aditivos y se presenten las siguientes condiciones:

Elaboración del hormigón alejado de centros urbanos:

Cuando no sea posible la medición de los materiales en masa o no resulte factible la utilización de hormigón elaborado, la Inspección podrá autorizar la medición de los materiales como a continuación se indica:

- **Cemento:** Considerando la masa aportada por el fabricante en el envase de origen, sin fraccionar el contenido de la misma.
- **Agua:** En volumen.
- **Agregados:** Se medirán las fracciones de agregado fino y grueso en forma separada en volumen.

EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos de medición se regirán por las disposiciones establecidas en el Reglamento CIRSOC 201.

TOLERANCIA EN LAS MEDIDAS DE LOS MATERIALES

La tolerancia porcentual admitida en la medición de cemento, cada fracción de los agregados, agua de mezclado, adición mineral y aditivo, será de + 3% respecto a la masa total de cada materia.

MEZCLADO

La operación de mezclado se realizará exclusivamente en forma mecánica y deberá cumplir con lo establecido en el Reglamento CIRSOC 201.

TRANSPORTE

El transporte del hormigón se deberá realizar únicamente mediante motohormigonera o con equipo agitador. Si los hormigones son transportados mediante motohormigoneras, deberán cumplir las condiciones establecidos en la norma IRAM 1.666.

CONTROL Y RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO

La falta de cumplimiento de los requisitos establecidos para el hormigón fresco, implicará el rechazo del mismo, estando a cargo del contratista o proveedor los daños y perjuicios que ello ocasionare. El control y la recepción del hormigón fresco se efectuará mediante ensayos que se realizarán a medida que se desarrolle el proceso constructivo de la obra, con el objeto de verificar el cumplimiento de las propiedades especificadas, según el pliego particular y el pliego general de la obra.

EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DEL HORMIGÓN FRESCO

La toma de muestras del hormigón fresco se efectuará en el momento y lugar de colocación del hormigón, en la forma y condiciones establecidas en la Normas IRAM.

Las muestras de hormigón fresco se extraerán de distintos pastones elegidos al azar; la elección no debe estar influenciada por circunstancia alguna que no sea el azar.

Se extraerá, como mínimo, una muestra de cada clase de hormigón fresco, cada 22 m³ por día de trabajo, o fracción menor por día de trabajo.

El inspector de obra deberá registrar los datos de las muestras: Fecha, hora, si es muestra compuesta, lugar de procedencia de las muestras parciales, identificación de la muestra y del hormigón del cual proviene; y los resultados de los ensayos sobre hormigón fresco.

CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN

La consistencia del hormigón se establecerá en el pliego particular de obra, acorde a las características de los elementos a hormigonar, la forma de colocación y compactación, evitando que se produzca una excesiva segregación y/o exudación. La consistencia se debe lograr con la menor cantidad de agua posible.

Los valores de asentamiento, obtenidos según el “Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono (Norma IRAM 1536)” recomendados en función del tipo de obra y la forma de compactación, se muestran en la tabla siguiente:

TIPO DE ELEMENTO A HORMIGONAR	FORMA DE COMPACTACIÓN		
	Vibración mecánica	Manualmente por varillado	Sin compactar
Bases para columnas o máquinas	6	10	--
Calzadas	5	10	--
Columnas "in situ"	10	15	--
Contrapisos, Capa de limpieza	7	12	--
Losas macizas horizontales	7	12	--
Pilotes cortos	10	15	--
Pilotes o pantallas bajo agua o fango	--	--	18
Pozos romanos o pilares de fundación	10	15	18
Plateas y zapatas	7	12	--
Pisos Industriales	5	8	--
Tabiques y muros	10	15	--
Vigas de Hormigón Armadas	8	12	--

Asentamiento del Hormigón recomendados en cm.

La consistencia del hormigón se determinará conforme a lo establecido en las siguientes normas: “Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono” (Norma IRAM 1.536) o “Método de ensayo de la consistencia utilizando la mesa de Graf” (Norma IRAM 1.690).

El hormigón durante la entrega cumplirá con el valor de consistencia especificado en el pliego particular de la obra.

Durante las operaciones de hormigonado, la consistencia de la mezcla se supervisará permanentemente mediante observación visual. Para cada tipo de hormigón, su control mediante el ensayo de consistencia se realizará:

- Diariamente al iniciar las operaciones de hormigonado y posteriormente no menos de 2 veces por día.
- Cuando se verifique que no se cumplen las condiciones establecidas mediante observación visual.
- Cada vez que se moldeen probetas para realizar ensayos de resistencia.

Una vez realizado el ensayo para determinar la consistencia y cuando el resultado del mismo se encuentre fuera de los límites especificados en la tabla anterior, se procederá a repetir el ensayo con otra porción de hormigón de la misma muestra. Si, repetido el ensayo de consistencia, el resultado está fuera de los límites especificados, se procederá a rechazar el hormigón.

TEMPERATURA DEL HORMIGÓN EN EL MOMENTO DE SU COLOCACIÓN

La temperatura del hormigón fresco se controlará en el momento antes de su colocación, cada vez que se determine la consistencia y/o se moldeen probetas para verificar la resistencia.

El valor de la temperatura del hormigón fresco se registrará en grados Celsius y se medirá con precisión de ± 1 °C.

Cuando la temperatura del hormigón fresco, inmediatamente antes de su colocación, no cumpla con lo especificado, se rechazará el hormigón.

DENSIDAD DEL HORMIGÓN FRESCO

La densidad del hormigón fresco se controlará en el momento antes de su colocación cada vez que se moldeen probetas para verificar la resistencia del hormigón.

La densidad del hormigón fresco se determinará en un todo de acuerdo a lo establecido en la norma “Hormigón fresco de cemento Portland - Métodos de determinación de la densidad, el rendimiento y el contenido de aire” (IRAM 1.562).

Los hormigones de una misma clase, incorporados a una misma obra, son uniformes cuando sus densidades determinadas según la Norma IRAM 1.562, no difieran en más de un 2% de la masa unitaria teórica del hormigón propuesto.

En caso contrario, se procederá a repetir el ensayo con otra porción de hormigón de la misma muestra. Si, repetido el ensayo de consistencia, el resultado está fuera de los límites especificados, se procederá a rechazar el hormigón.

Una vez realizado el ensayo para determinar la densidad y cuando el resultado del mismo se presente fuera de los límites especificados anteriormente, se procederá a repetir el ensayo con otra porción de hormigón de la misma muestra. Si, reiterado el ensayo de consistencia, el resultado está fuera de los límites especificados, se procederá a rechazar el hormigón.

CONTENIDO TOTAL DE AIRE

El contenido de aire se determinará conforme a lo establecido en las normas: Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros (IRAM 1.602).

Cuando se haya determinado la utilización de hormigones con aire intencionalmente incorporado, su control mediante ensayos, se realizará:

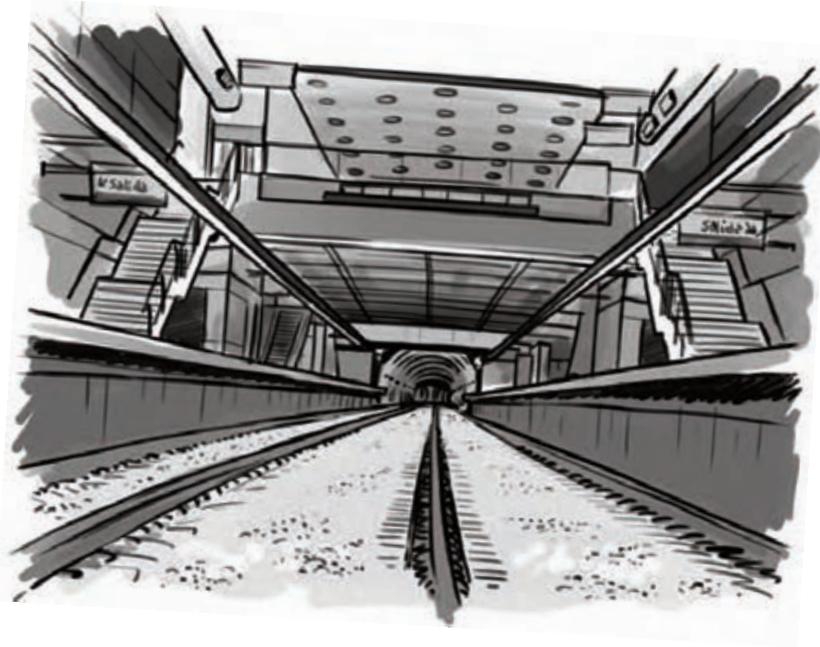
- a) Diariamente, al iniciar la operación de hormigonado.
- b) Cada vez que se determine la consistencia y/o se moldeen probetas para verificar la resistencia del hormigón.

Una vez realizado el ensayo y cuando el resultado del mismo verifique por fuera de las tolerancias especificadas, se procederá a repetir el ensayo con otra porción de hormigón de la misma muestra.

Si repetido el ensayo, el resultado permanece fuera de los valores y tolerancias especificadas, se procederá a rechazar el hormigón.







Conclusiones

Conclusiones

Se considera al Hormigón como un material de construcción confiable, universal, duradero y versátil, el cual es capaz de soportar cargas durante siglos, contribuyendo a un medio ambiente seguro para las generaciones presentes y futuras

El hormigón tiene mucho para ofrecer. Como material de construcción, puede emular propiedades de la piedra tradicional o, alternativamente, ser empleado para crear modernos edificios. Diseños complejos son posibles a un precio asequible, sin agravar excesivamente el estado del medio ambiente.

Es la combinación única de propiedades funcionales y estéticas lo que ha posicionado al Hormigón como el principal material de construcción en todo el mundo. El mismo se encuentra, por lo tanto, profundamente arraigado en nuestra vida cotidiana.

Como responsable de la industria, el sector del hormigón promueve activamente los objetivos de una construcción sostenible, a efectos de generar una conciencia pública. De hecho, el uso responsable de los materiales conforma uno de los grandes desafíos de nuestro tiempo.

A través de diversas investigaciones en curso y la colaboración con las autoridades correspondientes, la industria del hormigón mejora su rendimiento, particularmente, en términos de producción más limpia y renovadas especificaciones.

En este contexto, los mercados se comprometen a entregar edificios que mejoren la calidad de vida y las condiciones de trabajo, al tiempo de acotar su impacto sobre el medio ambiente. De esta forma, la industria del hormigón está respondiendo a las actuales preocupaciones sobre el cambio climático y la eficiencia energética.

La evaluación de la sostenibilidad de un proyecto conforma una tarea compleja. La clave del éxito es desarrollar una "visión integral", la cual conlleva en consideración a todos los aspectos de la estructura y su rendimiento.

Para la construcción, por ejemplo, debido a la extensa vida de servicio de las estructuras de hormigón, su fase de uso resulta mucho más importante que la producción y eliminación.

Los efectos del "cambio climático" varían en todo el mundo. Se verifica una mayor ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones, tormentas, calor intenso y sequía. Las recientes inundaciones ocurridas en diversos puntos del planeta se atribuyen a una combinación de saturación de los suelos, áreas pavimentadas y el desarrollo urbano de zonas inadecuadas.

Existen indicios de que algunas infraestructuras deberán adaptarse para hacer frente a las amenazas planteadas por las nuevas condiciones del ambiente. El hormigón es el material ideal para proporcionar las necesarias defensas contra las inundaciones y la elevación del nivel del mar.

Sistemas de drenaje sostenible, tales como pavimento de concreto permeable al agua, reducir los efectos potenciales de las inundaciones en los nuevos y existentes desarrollos urbanos, al tiempo de proteger y mejorar la calidad del agua subterránea.

La durabilidad inherente y resistencia del hormigón se pueden utilizar para proteger a las comunidades contra los peores efectos del cambio climático.

La construcción y apuntalamiento de las presas en Nueva Orleans, EEUU, constituye un válido ejemplo de la capacidad del hormigón aplicado ante la persistencia de extremos fenómenos climáticos.

Hacia finales de 1990, los profesionales y consumidores de la industria de la construcción, comenzaron a solicitar más información de tipo ambiental acerca de la manufactura de los elementos más utilizados, el consumo de materias primas naturales, la demanda de energía y las emisiones generadas.

UN MATERIAL CON POSIBILIDADES ILIMITADAS

Desde la perspectiva del diseñador, el hormigón puede ser usado para crear una gran variedad de formas. El calidoscopio de posibilidades es casi interminable.

Como un material funcional y económico, el hormigón solía ser oculto por acabados, o simplemente, se utiliza como base para apoyar todo el edificio.

Más recientemente, sin embargo, el hormigón ha encontrado su forma creativa propia, su exclusivo lenguaje y su particular método de expresión.

Muy rápidamente, la cooperación entre los ingenieros y tecnólogos de hormigón llevaron a optimizar las técnicas para la construcción y el acabado del hormigón. Hoy en día, este material ya no se limita a los edificios e infraestructuras.

En combinación con las habilidades del arte, tecnología, diseño y fabricación, actualmente, el hormigón se luce en múltiples aplicaciones que destacan sus ventajas y potencialidades.

El trabajo de desarrollo se centra en el nuevo siglo en los aspectos relativos a su aislamiento acústico, la tecnología de la humedad, el impacto ambiental, la generación de flexibles soluciones estructurales y la proliferación de originales acabados.

Varios tipos de fachadas ventiladas están siendo investigadas como soluciones capaces de permitir una total libertad de diseño y un comprobado ahorro energético.

CICLO DE VIDA

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) evalúa el impacto ambiental de una estructura desde su inicio hasta su demolición.

De esta forma, se contempla la extracción, fabricación, construcción, uso, mantenimiento, demolición y reciclaje. Dicho enfoque integral se considera al evaluar el impacto ambiental de una estructura.

El Hormigón funciona óptimamente ante comparaciones precisas e integrales llevadas a cabo con otros materiales de construcción. En cuanto a la eficiencia energética, por ejemplo, el ahorro de energía de las estructuras de hormigón durante la fase operacional compensa ampliamente la cantidad de energía consumida en su fabricación e instalación.

Por lo general, la energía demandada durante el ciclo de vida de un edificio se consume durante la fase de uso. Por lo tanto, el mayor potencial de ahorro de energía se produce durante ese período.

Parte de la energía (estimada entre un 10 al 20%) se consume en la fase de construcción. A las etapas de extracción y demolición, se las responsabiliza de una baja demanda energética.

La relación de consumo de energía entre el fases de construcción y uso depende de la duración del período bajo examen (generalmente, oscilando entre los 50 y 100 años).

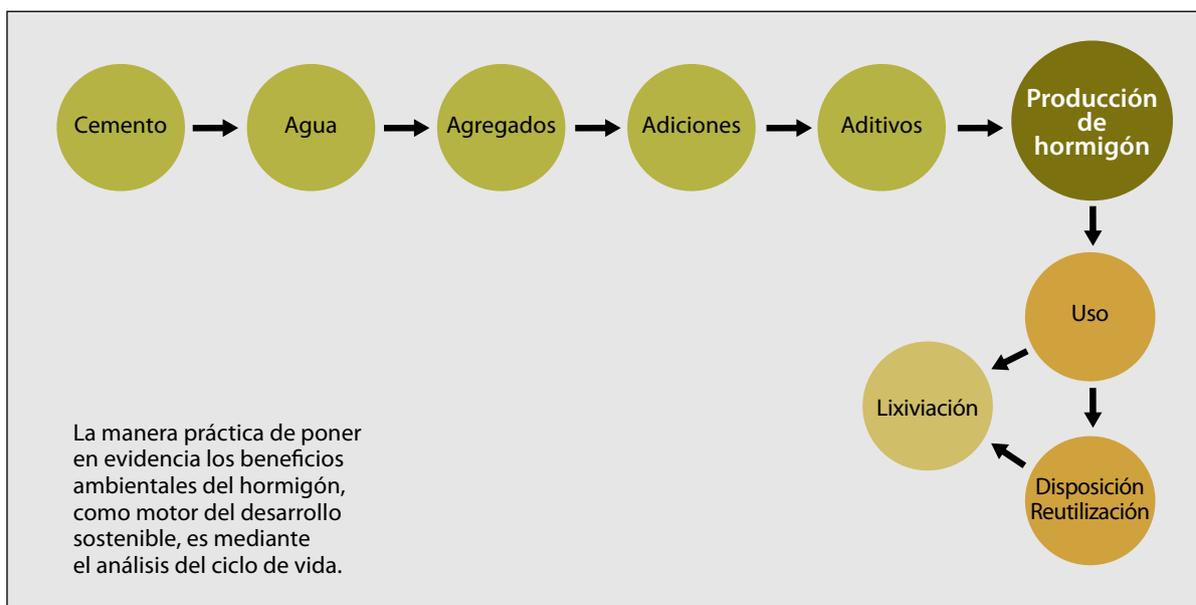
Debido a que las estructuras de hormigón son extremadamente duraderas, ofrecen una importante vida útil.

IMPACTOS AMBIENTALES

En todo el mundo, se llevan a cabo esfuerzos para reducir el consumo de energía calorífica durante el uso de un edificio. Algunos Estados miembros de la Unión Europea (UE) pugnan por la implementación de regulaciones más estrictas en cuanto al aislamiento térmico de sus construcciones.

Dichos esfuerzos están dando frutos.

Por ejemplo, en el Reino Unido, una casa construida en el año 2007 demandó un 40% menos de energía respecto de una construida en el año 2002.



Por otra parte, los edificios existentes en la UE ascienden a 21 billones de metros cuadrados construidos, cifra que crece continuamente, ya que la tasa de nuevas construcciones es del 1% al año, en comparación con una tasa de demolición, del 0,5%.

Por lo tanto, son mayores los esfuerzos necesarios para reducir el consumo de energía en los edificios

Naturalmente, las soluciones que aporta la construcción sostenible serán propuestas como parte del diseño del edificio, y en particular, los aspectos que contribuyen al bajo consumo de energía durante el uso del inmueble.

EDIFICIOS CON EFICIENCIA ENERGÉTICA

La necesidad de preservar la energía en los edificios representa un importante reto. Existe una necesidad particular de invertir en la renovación de los inmuebles más antiguos para llevarlos a los estándares modernos de eficiencia térmica.

En la Europa de hoy, sólo 1.000 nuevas viviendas al año se construyen con el sistema "Casa pasiva".

El diseño de una estructura flexible, que pueda ser fácilmente alterada, extendida o subdividida, es uno de los objetivos del diseño sostenible. A ser sostenible, un edificio debe ser capaz de adaptarse a diversos cambios a lo largo de su vida útil.

Si es posible, esas consideraciones se deberán tener en cuenta en la etapa inicial de diseño.

Los costos asociados con el "factor de corrección" del edificio en la etapa de construcción, conforman una fracción respecto de los valores incurridos cuando los cambios se implementan en una etapa posterior.

En relación con el soporte de carga estructural, es deseable proporcionar grandes espacios abiertos, los cuales puedan ser subdivididos de resultar necesario. El diseñador debe ser capaz de anticipar cualquier po-

sible demanda adicional y decidir, por ejemplo, en qué punto serán requeridas.

En lo que se refiere a la flexibilidad, las ventajas del hormigón son su alta capacidad de soporte de carga a lo largo del tiempo. La resistencia al fuego y el elevado aislamiento acústico inherente conforman otros importantes atributos.

DEMOLICIÓN, REUTILIZACIÓN Y RECICLADO

El hormigón es un excelente material de construcción de inmuebles, pero todavía debe adaptarse a los constantes cambios de las necesidades humanas que pueden generar residuos.

Afortunadamente, al final de su ciclo de vida, el hormigón puede ser reciclado, generando un mínimo impacto ambiental. Alrededor de 200 millones de toneladas de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se generan cada año en Europa.

El objetivo del "vertido cero" del hormigón se puede lograr si la estructura fuera cuidadosamente planificada y diseñada, y si el edificio sufre una exitosa renovación y demolición.

El hormigón recuperado del RCD puede ser triturado y utilizado como agregado. Se aplica principalmente para las bases de carreteras y sub-bases, pero el nuevo hormigón también puede hacer uso de un porcentaje de material de desecho recuperado.

El hormigón puede ser reutilizado de diversas maneras y en gran escala, incluso en ocasiones, en su forma original.

Un enfoque que permite conservar los recursos naturales, evitando impactos ambientales en la eliminación de los residuos y la extracción, fabricación y transporte de materiales vírgenes.

Un ejemplo de reutilización exitosa es la Residencia Mehrow, ubicada cerca de Berlín, Alemania. Esta vi-

vienda familiar reutiliza paredes completas, placas de piso y techos provenientes de una demolición de una torre de 11 plantas.

Los únicos costos de energía significativa surgieron del transporte de los cinco paneles y el uso de una grúa portátil para levantar cada una de ellas y emplazarlas en su destino final. La reutilización de paneles prefabricados de hormigón, de forma gratuita, evitó al medio ambiente impactos asociados.

Una casa diseñada con panelería de hormigón sostenible (por su reciclado) puede ser hasta tres veces más eficiente energéticamente, y aproximadamente, un 40% más económica que la construcción de una estructura con nuevos materiales.

En los Países Bajos, donde la demolición de la construcción se encuentra particularmente organizada y los niveles de recuperación son extremadamente

altos, los sistemas de construcción han sido desarrollados de manera que todo el edificio se pueda desmontar y rearmar en otro sitio.

Se ha organizado un sistema de control de calidad regular para el triturado del hormigón, a los fines de detectar la presencia de sustancias peligrosas y la posibilidad de lixiviación química en el medio ambiente. El reciclaje le brinda una nueva vida al Hormigón. Una vida sostenible.

El excedente del hormigón fresco puede ser reciclado con éxito. La mayor parte del agua del proceso de residuos puede ser reciclada y los lodos de cemento logran un buen tratamiento del suelo cuando se les compacta, debido a su alto contenido de cal.

Las técnicas anteriores intentan reducir la explotación de los recursos naturales y los costos de transporte en el hormigón.



PALABRAS FINALES

Ing. Civil Enrique Sgrelli

UNA VISIÓN HACIA EL FUTURO

- *Parte de nuestro futuro se encuentra en el presente de algunos países que lideran el desarrollo sostenible.*
- *La vida de una obra producto de la creación del ingeniero civil excede con amplitud la propia vida de su creador.*
- *Diseñar una obra capaz de vivir en estado de utilidad en un tiempo que no viviremos requiere de una dosis de capacidad intelectual para la cual debemos prepararnos.*
- *En el desarrollo sostenible del hormigón estructural no se concibe una obra desvinculada de una vida útil de diseño.*
- *La vida útil de una obra de hormigón debe incluir una dosis de incertidumbre tanto mayor cuanto más extendida es su duración.*
- *Es una buena práctica que todas las obras sostenibles posean un documento de bautismo redactado por sus creadores, verdadero manifiesto de compromiso con los futuros usuarios, el cual explicita las pautas, consideraciones y objetivos que dieron base al diseño. No existe una mejor manera para garantizar el legado en cuanto a la comprobación y base de adecuación que la obra sufrirá para adaptarse a un presente lejano, presentado como un futuro inimaginable.*
- *Una estructura de hormigón ofrece, como pocas otras, una natural característica sostenible en tanto sea útil y sostenible durante su vida útil.*
- *La expresión artística de una creación arquitectónica es singular. Puede dejar de serlo en la medida que en el futuro no resulte sostenible y se transforme en una agresiva carga para el medio ambiente.*

Otras experiencias

El ordenamiento del Estado es primordial en las definiciones políticas de toda actividad que pretenda constituirse en Política de Estado.

La sostenibilidad presenta variadas aristas, que en un ordenamiento administrativo matricial, como es por caso el de la sostenibilidad, requiere de una armonización de todos los nodos de actividad que componen la trama organizativa de la producción orientada al crecimiento.

Al no existir un ordenamiento jerárquico de los diversos sectores que hacen a la sostenibilidad del hormigón estructural, es el Estado quien debe conjugar los intereses de las partes de manera armónica con el interés supremo de la República.

La ausencia del Estado no imposibilitará el desarrollo del hormigón sostenible, pero impedirá que se constituya en un valor agregado apreciable para la potencialidad del país.

Así, el caso de la sostenibilidad, semejante al de muchos otros vinculados a la actividad productiva, contiene entre otros, los siguientes nodos de actividad.

- Explotación minera.
- Tecnología industrial de producción.
- Tecnología industrial de construcción.
- Tecnología de proceso.
- Transporte.
- Investigación y desarrollo.
- CIRSOC.

- ICPA.
- AAHE.
- Normativas.
- Proveedores.
- Proyectistas.
- Constructores.
- Aseguradoras.
- Organismos públicos y semipúblicos.
- Comitentes de construcciones.
- Certificadoras.
- Ministerio de Educación y Deportes (por currículas vinculadas a la sostenibilidad).
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto (por la movilidad vinculada a la sostenibilidad).
- Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas (por las Normas de Aplicación de organismos multilaterales de crédito para la asistencia en construcciones de obras públicas).
- Control y evaluación.
- Proceso de mejoras.
- Articulación impositiva.
- Registros y trazabilidad.
- Estadísticas.
- Promociones.
- Capacitación.
- Profesionalismo.
- Control y Aseguramiento de la calidad.
- Competencia exterior e interior.
- Exportación de productos, de conocimiento, de medición y de certificación.
- Gestión de compromisos internacionales vinculados a la sostenibilidad y el ambiente.
- Difusión.
- Transformación y adaptación armónica de los sectores productivos involucrados, asegurando continuidad y crecimiento equilibrado.
- Planificación a corto, mediano y largo plazo.
- Política laboral vinculada.
- Arquitectural legal.
- Políticas de reciclado y reutilización.
- Políticas de disposición final.
- Vida útil y durabilidad.
- Políticas de mitigación.
- Políticas de retrofit de estructura existentes.
- Catalogación de estructuras.

En los países con desarrollo económico de primer orden, es el área de comercio interior la encargada de sintetizar y armonizar los intereses de los sectores de actividad involucrados y es un órgano dedicado a la sostenibilidad quien conduce la realización de las actividades establecidas por la política de Estado pertinente a la sostenibilidad.

La vida útil de las estructuras

La definición y logro de la vida útil de las estructuras conforma el marco rector de todas las actividades involucradas durante el periodo que comprende la concepción, el diseño, la construcción, la utilización y la disposición final de la estructura.

El ciclo de vida se inicia en la prefactibilidad técnico-económica y finaliza en la disposición final de la estructura.

Tanto la estructura como la obra a la cual brinda sustento y estabilidad, definen su costo en diversas partes ordenadas, según el enfoque holístico de la sostenibilidad.

1. Costo de gestación.
2. Costo de proyecto y dirección.
3. Costo de construcción.
4. Costo de operación y mantenimiento durante la vida útil.
5. Costo de disposición final.

Cada uno de los citados costos incluye el costo de sostenibilidad que conlleva todas las actividades de control y aseguramiento de calidad necesario para lograr el objetivo sostenible de la estructura.

La principal diferencia respecto a la construcción tradicional está dada en que los costos 4 y 5 ocurren en tiempos no alcanzados por los análisis de rentabilidad que posibilitan la financiación de los proyectos.

Diversas políticas de fomento o implantación de construcciones sostenibles apuntan a compensar dicho desvalor aplicando una política de fomento a los costos

involucrados en 1, 2 y 3, capaz de compensar esa asimetría financiera.

Cuando el financista es un Estado o un conjunto de ellos, la vida útil de una obra asume una definición insoslayable y requiere que los costos 1 a 5 se conciban y fundamenten para el ciclo de vida de la obra.

Mientras tanto, los organismos que fomentan la sostenibilidad de las estructuras y de las obras en general apelan a difundir conocimientos vinculados al cambio climático y ponderan el compromiso ambiental de los sectores involucrados en la construcción.

Así ha aparecido como política de atracción el compromiso que asumen las empresas en su política ambiental a través de la Responsabilidad Social Empresaria o Responsabilidad Social Corporativa, como forma de que los consumidores valoren su compromiso ambiental.

Claro que los compromisos como tales deben poder controlarse durante su evolución y además medirse. En este punto, es convicción unánime que el Estado juega un papel determinante en el logro de la sostenibilidad.

Resulta importante analizar qué es la vida útil del hormigón sostenible en términos de sostenibilidad, pues su valor conduce a un costo que debe ajustarse a ese tiempo, evitando sobrecostos iniciales por diseñar una vida en exceso a la de proyecto o bien un sobrecosto durante el periodo de utilización o un sobrecosto de mantenimiento por diseñar una vida menor.

La vida útil de una estructura sostenible se diferencia de la vida de existencia de la misma, por ser mucho menor.

Cuando el costo de mantenimiento supera al costo de reemplazo, la vida útil se considera agotada. De igual modo puede agotarse la vida útil cuando sucede la obsolescencia de la obra o de la estructura.

Cómo diseñar una estructura para que tenga una vida útil definida, es sin duda, producto de un conoci-

miento específico, que en general, no está presente en nuestro medio.

El CIRSOC 201, versión Julio 2005, asegura que las estructuras diseñadas bajo sus prescripciones alcanzan una vida útil mínima de 50 años. Con claridad meridiana establece lo siguiente para esa y otras edades.

“1.1. CAMPO DE VALIDEZ

1.1.1. Vigencia

Este Reglamento Nacional de Seguridad, establece los requerimientos mínimos para el diseño y construcción de las estructuras de hormigón sin armar, armado y pretensado, las que deben ser capaces de resistir las acciones previstas durante los períodos de construcción y de servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso al que se destinen durante su período de vida útil.

1.3.1.4. Hipótesis del Proyecto Estructural - Memorias de cálculo

Su contenido y presentación deben ser tales que los cálculos puedan ser reproducidos por terceros, y se debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Reglamentos utilizados.
- Calidad de los materiales a emplear para la ejecución de las estructuras, incluyendo el tipo y/o designación de cada producto adoptado indicando a que artículo de este Reglamento o de la norma IRAM o IRAM-IAS corresponde.
- Vida útil de diseño y estrategia de diseño y mantenimiento para asegurar dicha vida útil.
- Exigencias adicionales a las establecidas en este Reglamento cuando se proyecte para una vida útil mayor a 50 años.

C 2.2. REQUISITOS POR DURABILIDAD

C 2.2.1.3. Se entiende por vida útil en servicio de una estructura al período de tiempo a partir de su construcción, durante el cual debe mantener las condiciones aceptables de seguridad, funcionalidad o aptitud en servicio y aspecto estético, sin gastos de manteni-

miento no previstos. La vida útil en servicio es una magnitud que debe ser fijada por el propietario de la obra, antes del inicio del proyecto. Cuando ello no se establezca expresamente, este Reglamento asume por defecto que la vida útil en servicio es de 50 años.

C 2.2.1.5. La posibilidad de proyectar para vida útil en servicio menor que 50 años ha sido prevista en este Reglamento exclusivamente para obras destinadas a explotaciones industriales que, por su naturaleza, tengan un período de actividad reducido, como es el caso, en particular, de algunas explotaciones mineras.

2.2.10. Medidas especiales de protección en ambientes con agresividad química

2.2.10.1. Las prescripciones para las exposiciones M2 y M3 establecidas en este Reglamento posibilitarán lograr una vida útil de 50 años si además existe un control muy severo de la fisuración. Consecuentemente, el Proyectista o Diseñador Estructural deben hacer sus propias evaluaciones teniendo en cuenta el estado actual del conocimiento y debe incorporar a los Documentos del Proyecto las prescripciones complementarias que considere necesarias para lograr la vida útil establecida.”

Herramientas para el diseño de la vida útil

En la actualidad existen diversas herramientas para el diseño de estructuras por vida útil cuando las mismas difieren de los 50 años -o más- implícitos en los reglamentos o normas de diseño de otros países.

Las normas ISO 14040 y 14044 establecen procedimientos para la valoración del ciclo de vida, independientemente de la norma de diseño adoptada. Requiere un acabado conocimiento de tecnología del hormigón, durabilidad, agresividad del medio ambiente, mantenimiento y controles de ejecución.

Athena (<http://www.athenasmi.org/>) presenta un software en versiones gratuita y rentada para un análisis del ciclo de vida (LCA) propicio para el establecimiento de la vida útil.

Otro software específico es el Life 365 (<http://www.life-365.org/>), desarrollado bajo el soporte de un consorcio de empresas, el cual ofrece un análisis versátil para la vida útil y los costos implicados.

Es preciso tener presente que los análisis para la determinación de la vida útil permiten aplicarlos a todos los componentes de una edificación y entre ellos la estructura.

Al momento, no existe el botón mágico que resuelva el problema con solo tocarlo. Por fortuna...

A su vez, las normas británicas British Standards, las normas alemanas DIN, las europeas EUROCODIGO y las de USA ACI consideran la determinación de la vida útil.

El Massachusetts Institute of Technology, a través del MIT Concrete Sustainability Hub (<https://cshub.mit.edu/>) desarrolla la comprensión de los fenómenos asociados a la durabilidad de las construcciones y el medio ambiente. En el siguiente documento, puede verse el camino que en la actualidad está transitando el conocimiento del hormigón.

Para ello ingresar a: <https://cshub.mit.edu/sites/default/files/documents/CSP-summary-whitepaper-Nov2014.pdf>

Los fabricantes de cemento de Inglaterra soportan a la organización Hormigón Sostenible (<http://www.sustainableconcrete.org.uk>) y consideran para mejor comprensión de las actividades que desarrollan cuatro tramos de proceso que sintetizan las actividades vinculadas a la producción del hormigón sostenible durante la evaluación del ciclo de vida. Ello se aprecia en http://www.sustainableconcrete.org.uk/top_nav/uk_construction_industry/measuring_-_materials.aspx.

En algunos casos, la vida útil se establece en rangos definidos de acuerdo al destino de la obra y se parametrizan los indicadores de durabilidad en función de las propiedades de los materiales, del medio ambiente y de la geometría de los elementos estructurales.

Esta concepción está desarrollada por el EUROCÓDIGO e incluida, por ejemplo, en la normativa española (www.imcyc.com/ccid.ojs/index.php/ccid/article/download/32/29). En esta concepción estructural se agregó a los estados límites últimos, el estado límite de durabilidad, como parámetro de medida de la vida útil.

Es importante tener presente que cada país o bloque genera normas de diseño contemplando la arquitectura política, económica, administrativa y comercial que le es propia y muchos de los aspectos definitorios merecen un análisis particular para su adaptación a nuestro medio.

La vida útil y su asociada directa, la durabilidad, permanecen influenciadas particularmente por el medio ambiente. La ciencia del cambio climático juega un rol decisivo en la comprensión de estos fenómenos incididos fuertemente por el conocimiento tecnológico del hormigón y la comprensión de la química.

La vida útil puede verse incrementada significativamente luego de finalizada la construcción. Por caso, algunas obras públicas o privadas, adquieren un reconocimiento y valoración no contemplada al momento del diseño y requieren durante su periodo de utilización la adecuación de la vida útil de diseño a la expectativa de vida que pueda alcanzar a través del tiempo.

Como ejemplo, en la Ciudad de Buenos Aires pueden citarse entre otras, la Biblioteca Nacional (edad 25 años) y el Ex Banco de Londres (edad 52 años) que están integradas al patrimonio urbano de la ciudad y para los cuales se espera una vida de utilización bastante mayor a la considerada en la época de diseño, cuando la vida útil no formaba parte de las consideraciones de proyecto ni de diseño. Simplemente era construir bien en el mejor de los casos y proyectar de la mejor manera de acuerdo al criterio del proyectista.

Otro ejemplo, del cual se conoce la dedicación que particularmente concibió el Ing. Civil José Luis Delpini a todas sus obras: “Dedicar al tablero el tiempo necesario para evitar gastarlo mal durante la obra con un resultado incierto”, esta dado por el Ex Mercado de Abasto.

Este espectacular proyecto de su socio, el Arq. Víctor Sulcic, suma en la actualidad 83 años y gran parte de su vida atendió su destino de mercado de alimentos. Es sin duda motivador pensar que hacer las cosas bien, desde la perspectiva del conocimiento, puede servir, en el caso que nos ocupa, para verificar si lo que exigen los códigos supera o no las demandas propias del proyectista.

Aspectos conceptuales de la vida útil

Todos los proyectistas pueden ser genios y los constructores verdaderos artesanos tecnológicos de primera magnitud.

Lamentablemente, se necesita bastante tiempo para corroborar cualquier propuesta de “Yo, el Mejor”.

En tanto, y considerando que el estado del arte no se resuelve entre vecinos sino de unos con los que más saben a nivel global, es importante tomar los parámetros de diseño del hormigón sostenible como medida cierta de un plazo, que no estará a nuestro alcance verificar en vida.

Cada año que se agregue a la vida útil de una obra debe cambiarse por medidas simétricas que alcance al proyecto, la construcción y la utilización de la estructura. Los costos implicados no forman parte de este análisis, pero no existe linealidad entre la extensión de la vida útil y los costos.



BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DOCUMENTALES

- Norma IRAM 50.000. IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Sustainable Pavements... the solution, Ready Mixed, Concrete Association of Ontario.
- Emboided CO₂ of UK cement, additions and cementitious material, British Cement Association.
- Green Building Basics, Integrated Waste Management Board.
- Green Building Materials, Integrated Waste Management Board.
- Greenroads: A Sustainability Rating System for Roadways, International Journal of Pavement Research and Technology.
- Sustainable Concrete Pavements Small Steps, Big Gains, Shirez Tayabji, 2nd International Conference on Best Practices for Concrete Pavements, Brasil.
- Recycled Aggregates, Concrete Technology, Portland Cement Association.
- Recycling Concrete, The Concrete Network.
- Network, Pavements, and Fuel Consumption, Concrete sustainability, Life Cycle Assessment Research Brief.
- Designing for Sustainable Pavements, Concrete Sustainability, Special Research Brief.
- Green Pavements, Tennessee Concrete Association.
- Contribuyendo al Futuro Sostenible, Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP).
- Evaluación de la situación ambiental de la producción de clinker mediante la aplicación del análisis del Ciclo de vida, Revista Cemento Hormigón.
- Sostenibilidad de las carreteras y de las estructuras de hormigón, Revista Cemento Hormigón.
- Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera en España, Revista Cemento Hormigón.
- Sustainability Report, Canadian Cement Industry.
- Guía para el Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento.
- IIGCC Briefing Note Climate Change and the Construction Sector, ISIS.
- Durability and Sustainability with Concrete Pavement, NRMCA.
- What is a carbon footprint: Definition, Time for change.
- Concrete: The Backbone of sustainable construction, Cembureau.
- Pavement roughness and Fuel consumption, CSHub.
- Greenhouse Gas Emissions Reduction Opportunities for Concrete Pavements, Journal of Industrial Ecology.
- Código de Construcción de Australia. Australian Building. Año 2010.
- Hoja de Datos: El hormigón de cemento y los áridos. Australia, 2009.
- Beneficios de masas térmicas para la Vivienda, el hormigón de cemento y los áridos. Australia, Informe N° 12. Año 2010.
- Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. J. C. Rolón Aguilar, D. Nieves Mendoza, R. Huete Fuertes, B. Blandón González, A. Terán Gilmore y R. Pichardo Ramírez.
- Guía de Gestión Ambiental del Hormigón Elaborado. GGAHE 2015. Asociación Argentina del Hormigón Elaborado.
- Value Beyond Cost Savings. How to Underwrite Sustainable Properties, Scott R. Muldavin, Green Building Finance Consortium.
- Sustainable Building Technical Manual. Green Building Design, Construction, and Operations, Public Technology, INC.
- Global Corporate Renewable Energy Index (CREX), Bloomberg New Energy Finance & Vestas Wind Systems A/S.
- The ACEEE. 2012. International Energy Efficiency Scorecard, SARA HAYES et al; American Council for Energy-Efficient Economy.
- Low and zero carbon homes: Understanding the performance challenge, February 2012, NHBC Foundation.
- Climascope 2012. Cambio climático y clima de inversión en América Latina y el Caribe, Fondo Multilateral de Inversiones (Miembro del Grupo BID) & Bloomberg New Energy Finance.

INSTITUCIONES Y EMPRESAS PARTICIPANTES

MENCIONADAS POR ORDEN ALFABÉTICO

- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (AAHES)
Representante: Ing. Guillermo Goicoa
- ASOCIACIÓN ARGENTINA DEL HORMIGÓN ELABORADO (AAHE)
Representante: Ing. Pedro Chuet Missé
- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN (AATH)
Representante: Ing. Luis Fernández Luco
- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND (AFCP)
Representante: Ing. Matías Polzinetti
- ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES (AIE)
Representante: Ing. Javier Fazio
- AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL -GCABA- (APRA-GCABA)
Representantes: Arq. Claudia Lanosa y Arq. Maximiliano Astuena
- ARGENTINA GREEN BUILDING COUNCIL
Representante: Ing. Guillermo Simón Padros
- CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAMARCO)
Representante: Ing. Cecilia Cavedo
- CÁMARA ARGENTINA DE CONSULTORAS DE INGENIERÍA (CADECI)
Representante: Ing. Rogelio Percivati Franco
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES (CIRSOC)
Representante: Ing. Daniel Ortega
- CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (CPIC)
Representante: Ing. Enrique Sgrelli
- FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (FIUBA)
Representante: Ing. Luis Fernández Luco
- FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO (FADU)
Representantes: Arq. Martín Evans, Arq. Silvia de Schiller, Arq. Julián Evans
- GEODATA SPA
Representante: Ing. Francisco Daniel Muratore
- INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO (ICPA)
Representante: Ing. Matías Polzinetti
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL -CONSTRUCCIONES- TECNOLOGÍA DE HORMIGÓN (INTI)
Representante: Ing. Alejandra Benítez
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM)
Representantes: Arq. Aldana Guatto y Sra. Mónica Suárez
- SIKA GROUP
Representante: Arq. Gustavo Fresco

OPINIONES DE LOS PARTICIPANTES DE LAS REUNIONES PLENARIAS

Primera Reunión de Presentación

Introducción: Ing. Civil Enrique Sgrelli

Miércoles 29 de octubre de 2014

Ing. Civil Cecilia Cavedo (CAMARCO): “Me resulta muy interesante esta convocatoria, tanto por el objetivo del tema como por la iniciativa que toma el CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL al abrir la participación a diversas entidades para reflexionar sobre las metodologías de aplicación y especificaciones del hormigón sustentable en nuestro país, un tema del cual -entendiendo- no existe bibliografía local. Voy a formular las consultas pertinentes, pero entiendo que la CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN va a participar activamente de esta construcción grupal a partir de cada uno de los plenarios que se lleven a cabo. Es una política de la CAMARCO alentar la sustentabilidad dentro de la industria de la construcción”.

Ing. Daniel Muratore (GEODATA): “Los alcances de la aplicación en nuestro país de los hormigones sustentables pueden conformar un verdadero hallazgo desde el punto de vista tanto ambiental como técnico. Me sumo a esta propuesta dado que entiendo serán muy apreciados los aportes que resulten a partir de la mesa de trabajo que se ha conformado. El objetivo final, la producción de un libro donde se compilen la suma de trabajos y aportes realizados, será muy provechosa para los profesionales que tienen inquietudes sobre el tema pero no encuentran un documento que reflexione al respecto. Agradezco la invitación que me efectuara el CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL para participar de estas actividades”.

Ing. Javier Fazio (AIE): “En la ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES, institución de la cual soy actualmente su presidente, entendemos que el diseño de las estructuras se torna en vital para el desarrollo de una obra. Desde la AIE alentamos todas las manifestaciones y procesos de investigación tendientes a lograr estructuras más económicas, creativas y sustentables. Esta mesa de análisis que organiza el CPIC es muy bienvenida ya que nos permitirá trabajar y aprender en un tema que toma un protagonismo excluyente a la hora de validar una determinada tecnología, como lo es la generación de obras -en nuestro caso las estructuras- más sustentables, donde el hormigón conforma una de las posibilidades constructivas más adoptadas por los profesionales. Con mucho gusto participaremos de los plenarios y agradezco en nombre de la AIE la invitación”.

Ing. Guillermo Goicoa (AAHES): “En mi caso represento a la ASOCIACIÓN ARGENTINA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL. Desde ya me encuentro muy contento de haber sido convocado para llevar a cabo estos encuentros con otras instituciones del sector. En la próxima reunión de

nuestro Consejo Directivo voy a plantear la invitación que nos realizan en este encuentro de presentación del tema, pero descuento una favorable respuesta. Creo que la AAHES puede aportar información a partir de estudios que ha llevado a cabo sobre el tema más otros aportes provenientes de investigaciones del exterior, las cuales podemos poner a disposición para su discusión y estudio. Felicito al CPIC por esta iniciativa”.

Ing. Daniel Ortega (CIRSOC): “Muy complacido de formar parte de esta mesa de trabajo. Actualmente, soy representante de CIRSOC, entidad que se ocupa fundamentalmente del diseño de estructuras y sus normativas. Estos temas conforman las problemáticas del futuro, pero del futuro inmediato. Por otra parte, lograr hormigones sustentables, con técnicas de recupero de áridos y otros componentes es un tema sumamente delicado desde el punto de vista del diseño estructural. Al respecto, los técnicos de CIRSOC podemos aportar datos e informaciones tendientes a poner en discusión ciertos alcances de estas aplicaciones. Creo que es muy buena la iniciativa de generar un texto donde se concentren los logros que podamos alcanzar la suma de los participantes. Cuenten con nosotros en esta iniciativa”.

Arq. Claudia Lanosa (APA): “Represento a la AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES de la cual soy Asesora. En la Agencia pensamos que contar con informaciones de este tipo resulta vital, puesto que el mercado nos pide posicionarnos frente a estas problemáticas. Evidentemente, falta codificación y normativas que alienten y aporten datos precisos en la aplicación de hormigones menos contaminantes en nuestras obras. No exagero si digo que en este tema está todo por hacerse. Si bien existe abundante información internacional sobre los hormigones

sustentables, creo que dicho material puede ser debatido en cuanto a su correcta aplicación en nuestra matriz productiva, económica, legal y técnica. Por ello, creo sumamente provechoso llevar a cabo estos encuentros tendientes a nutrir una agenda de temas que concluyan en la publicación del libro. Muy agradecidos en nombre de la APA por la invitación”.

Ing. Matías Polzinetti (ICPA): “Muy honrados por la invitación que nos cursara el CPIC. Me toca representar al INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINA, institución que obviamente está muy involucrada en la temática que se desarrollará en estas reuniones. Creo que toda acción de divulgación y difusión técnica sobre estos temas resulta fundamental, toda vez que no abundan documentos aplicables en nuestro actual contexto en relación con los hormigones sustentables. Existe sí abundante bibliografía generada en los últimos años sobre el tema, pero la misma debe ser aplicable a nuestras formas de trabajo. El ICPA estudia permanentemente dichos temas y es nuestra política difundir acciones de sustentabilidad en la industria. Muchas gracias”.

Arq. Mónica Suárez (IRAM): “Represento conjuntamente con la Arq. Aldana Guatto al INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, IRAM. Pertenezco al sector de Construcción y creo que podría sumarse a este ciclo de encuentros a los sectores de Medio Ambiente y al Comité del Hormigón y sus aplicaciones. Creo que también debería modificarse el título del encuentro y hablar de Hormigón Sostenible, más que sustentable, ya que la sostenibilidad reúne la suma de conceptos ambientales, económicos y sociales. Es una sugerencia. La presentación y el objetivo de esta convocatoria nos resultan sumamente interesantes y hace a los objetivos de diversos sectores del IRAM. Voy a realizar la consulta para sumar a otros actores del IRAM a esta mesa de trabajo”.

Ing. Luis Fernández Luco (FIUBA) y (AATH): “Represento a la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES y a la ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN. Muy oportuna esta convocatoria. El tema es de suma importancia desde el punto de vista del análisis estructural. Escuché que existe una abundante bibliografía producida en diversos países sobre el tema lo cual es completamente cierto, pero también opino que no debemos caer en el error de tomar formulas extranjeras. La aplicación de esa información debe ser adaptada a nuestras tradiciones constructivas. Será un gusto colaborar con Ustedes”.

Sr. Guillermo Simón-Padrós (AGBC): “Me toca representar a Green Building de Argentina, entidad que se origina en el Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos (USGBC). Constituimos una asociación civil sin fines de lucro que trabaja desde el año 2008 en la conformación y difusión de técnicas aplicables a la construcción de edificios bajo parámetros sustentables. Vale decir que el objeto y misión de GBC en Argentina es fomentar diversos principios y estrategias sustentables. Estamos convencidos que es posible aplicar esas nuevas formas de entender la construcción en nuestras obras, combatiendo el mal concepto que dice que la prescripción de estas normas encarece los trabajos, lo cual es demostrable en su falta de verdad. Es muy buena la presente convocatoria, podemos aportar información acerca de las estrategias de certificación que las Normas LEED recomiendan sobre las temáticas relacionadas con los hormigones sustentables”.

Arq. Gustavo Fresco (SIKA): “Me parece sumamente interesante el tema del libro en particular. Para SIKA, la empresa que represento, es uno de los pilares enfocarse en productos y servicios para realizar hormigones más sustentables. Lograr

un desarrollo en la Argentina de un material, en este caso el hormigón, que ofrezca un uso de aplicación sustentable es fundamental. Agradezco la invitación y comenzaremos a recopilar datos que sean de utilidad al análisis”.

Ing. Alejandra Benítez (INTI Construcciones):

Represento a la Unidad Técnica Tecnología del Hormigón. Entiendo que otras unidades del INTI podrían también participar de esta composición colectiva del libro, dado que contamos con la unidad técnica de Estructuras, con un amplio plantel de ingenieros civiles que precisamente trabajan y estudian las aplicaciones con hormigón en todo lo que hace al cálculo y verificación de las estructuras realizadas con este material, detección de patologías, quiero decir, que también están muy ligados a la temática. Me comprometo entonces a

hacer extensiva esta invitación al sector INTI Ambiente que cuenta con una amplia relación con la Secretaría de Ambiente de la Nación. Nuestro sector -particularmente- tiene una extensa historia en lo que hace a la concepción de hormigones sustentables, sólo que hace 20 o 30 años no se los conocía con este nombre, sino que decíamos que producíamos hormigones a partir de la inmovilización de residuos. Investigar estos aprovechamientos a partir de una disminución de los pasivos ambientales a través del hormigón, que es un buen contenedor de los residuos, conformó una permanente acción del INTI. En Argentina ya existen pruebas de hormigones que utilizan los productos de la demolición y tenemos material para aportar a esta mesa de estudio. Me parece muy interesante la convocatoria y creo que el INTI debe participar”.



AUTORIDADES DEL CPIC

PRESIDENTE

Ing. Civil Roberto José Policichio

VICEPRESIDENTE

Ing. en Construcciones Silvio Antonio Bressan

SECRETARIO

Ing. Civil Edgardo Fabio Estray

PROSECRETARIO

Ing. Civil Armando José Gagliano

TESORERO

Ing. Civil Pedro Francisco Rosa

CONSEJEROS TITULARES

Ing. Civil Carlos Inocencio Avogadro

Ing. Civil Alejandro Del Águila Moroni

Ing. Civil Pablo Luis Diéguez

Ing. Civil Mónica Isabel Vardé

Ing. Civil Horacio Mateo Minetto

CONSEJEROS SUPLENTE

Ing. Civil Bruno Roberto Agosta

Ing. Civil Juan Pablo Alagia

Ing. Civil Patricia Lucía Anzil

Ing. en Construcciones Alejandra Raquel Fogel

CONSEJERO TÉCNICO TITULAR

MMO Humberto Guillermo Lucas

CONSEJERO TÉCNICO SUPLENTE

MMO Diego Adrián Kodner

GERENTE

Ing. Civil Victorio Santiago Díaz

HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA

Estado del arte y buenas prácticas

COMPILACIÓN: **ING. CIVIL ENRIQUE SGRELLI**

Durante los años 2014, 2015 y 2016, un equipo de profesionales llevó a cabo una serie de encuentros plenarios organizados por el Consejo Profesional de Ingeniería Civil (CPIC), de jurisdicción nacional.

De esta forma, se reunió a un nutrido grupo de destacados referentes pertenecientes a una serie de instituciones de primer nivel, con el fin de intercambiar experiencias sobre un tema, el cual presenta muy pocos antecedentes documentados en nuestro país: el “Hormigón Sostenible”.

El resultado de dichas reflexiones se plasman en el presente libro, “HORMIGÓN SOSTENIBLE EN ARGENTINA: Estado del arte y buenas prácticas”. Su objetivo radica en difundir las características de los hormigones producidos, proyectados, construidos y mantenidos con conciencia ambiental.

Desde luego, su estudio y aplicación enriquecerá los

aspectos técnicos, económicos, legales y biosociales de una obra de ingeniería civil. Ello enaltecerá la figura del profesional, cuya misión consiste -precisamente- en aplicar su saber y experiencia en diversas tipologías de obras.

La orientación general de la presente publicación permanece fijada en una metodología de trabajo proactiva, poniendo énfasis en lo operativo, a efectos de facilitar la diaria tarea de los especialistas, con el firme objetivo de profesionalizar nuestra industria de la construcción, aportando al desarrollo de las habilidades de los ingenieros civiles, técnicos y disciplinas afines.

Esperamos aportar nuestro granito de arena para que este tema encuentre el eco que deseamos y merece entre todos los profesionales que desarrollan actividades dentro de la industria de la construcción.



OS Obras & Sistemas
ingeniería y construcciones

 Consejo Profesional de
Ingeniería Civil
CABA - Jurisdicción Nacional