



**GUÍA PARA LA REDUCCIÓN DE LA
HUELLA DE CARBONO DE LA
INDUSTRIA DEL HORMIGÓN
PREPARADO**



**Asociación Nacional Española de
Fabricación de Hormigón Preparado**

www.anehop.com

INDICE

HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS	2
INTRODUCCIÓN	3
MEDIR LA HUELLA DE CARBONO	5
PROPUESTAS DE ACTUACIONES PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO.....	9

HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

EDICIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
01	2022/04/27	Primer borrador
02	2022/05/03	Corrección erratas y de redacción Cuantificación objetivo reducción 2030 (pg. 7)
03	2022/05/05	Corrección objetivo reducción 2030 (pg. 7) Detallar módulos de información A1, A2, A3 y A4 de la DAP (pg. 7) Ampliación palancas (pg.7)
04	2022/10/06	Correcciones de estilo de redacción Introducción de fotografías e imágenes

INTRODUCCIÓN

La creciente escasez de materias primas y su cada vez mayor coste, la limitación del espacio en los vertederos y la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ son problemas globales que exigen una construcción más sostenible; que debe responder a exigencias ecológicas, económicas y socioculturales, al tiempo que ofrecer una alta calidad técnica.

Todas las medidas, en este sentido, están orientadas a:



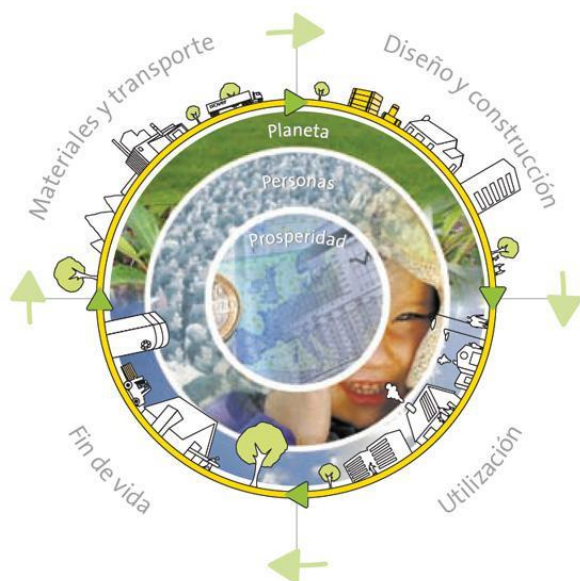
- **reducir de forma inmediata y drástica las emisiones de CO₂** como medida de protección del clima
- **prevenir las consecuencias del cambio climático**
- **conservar los recursos y optimizar el empleo de materiales**

En términos de sostenibilidad, el valor de una construcción no sólo depende de sus costes de producción, de su vida útil prevista y del valor del suelo que ocupa; hay que tener en cuenta, además, una multitud de criterios en la planificación, la construcción, o su mantenimiento. Esto se traduce en una planificación sensata del emplazamiento, una arquitectura estética, un diseño estructural optimizado, una tecnología de construcción eficiente, una elección adecuada de los materiales y un proceso de ejecución correcto. Las ventajas que ofrece cada material de construcción pueden aprovecharse de manera óptima si los expertos intervinientes (proyectistas, ingenieros estructurales, calculistas, técnicos de obra, etc.) participan durante la fase de planificación.

La construcción con hormigón tiene ventajas considerables para la construcción sostenible, particularmente en términos de calidad económica, de posibilidad de utilizar predominantemente los recursos locales, de calidad técnica y del proceso. Además, apenas presenta barreras a la libertad de diseño, debido a la variedad de formas de los elementos estructurales de hormigón.

Esta Guía para la descarbonización de la industria del hormigón preparado pretende ser una herramienta que se pone a disposición de las empresas asociadas de ANEFHOP para la concienciación y posterior adopción de medidas que permitan avanzar en la reducción de la huella de carbono de la industria del hormigón preparado.

Para establecer este objetivo resulta obligado considerar la creciente incorporación de los criterios de sostenibilidad a la construcción. Uno de los aspectos de mayor trascendencia en la



sostenibilidad es la protección del clima, que debe entenderse como aquella serie de medidas que contrarrestan el calentamiento global causado por la actividad humana, mitigando o previniendo sus posibles consecuencias. Los objetivos de protección del clima se implementan a través de las evaluaciones de sostenibilidad de los edificios bajo el indicador de “Potencial de Calentamiento Global (GWP)”, que evalúa su huella de carbono a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero, que se miden en kg de CO₂ equivalentes.

En diciembre de 2019 los países miembros de la Unión Europea acordaron el Pacto Verde Europeo o “Green Deal”, con el objetivo de luchar contra el cambio climático y lograr que Europa sea en 2050 climáticamente neutra y con una economía limpia con cero emisiones. Por tanto, para el año 2050, deberán evitarse todas las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea.

El camino de España hacia esa neutralidad climática está trazado ya en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Dicha ley señala un objetivo global de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 -respecto del año 1990- de un 55%.

A nivel sectorial, **la GCCA (GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION) ha fijado un objetivo de reducción de la huella de carbono en un 40% para 2030 y neutralidad para 2050.** La GCCA es una asociación internacional formada por los principales fabricantes de cemento y de hormigón.

Todo ello deviene en la creciente importancia de establecer la huella de carbono del hormigón y, por ende, de las construcciones. En este sentido, diferentes legislaciones estatales y autonómicas de reciente publicación establecen la necesidad, e incluso obligación, de calcular y registrar la huella de carbono de los edificios y de las obras públicas, tanto en su fase de construcción como de utilización y posterior deconstrucción.

Con todos estos antecedentes, el Comité de Sostenibilidad de ANEFHOP acordó la creación de un Grupo de Trabajo con la finalidad de establecer unas recomendaciones y objetivos de reducción de la huella de carbono para el sector del Hormigón.

MEDIR LA HUELLA DE CARBONO

En España las actividades de cálculo, proyecto, diseño y ejecución de estructuras de hormigón armado se contemplan en el **Código Estructural**, aprobado por el Real Decreto 470/2021. El



Código Estructural establece unas dosificaciones mínimas de cemento ligadas a su durabilidad, que están condicionadas a la clase de exposición ambiental a la que la estructura queda sometida.

Sin embargo, en su Anejo 2 de contribución de la estructura a la sostenibilidad, dentro de los indicadores del Índice de

Contribución del Agente a la Sostenibilidad (ICAS) correspondiente al hormigón preparado, no se contempla como factor a considerar la emisión de gases de efecto invernadero.

La **normalización industrial** en España recae en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, que a su vez la delega en la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE).

Desde la integración de España en la Comunidad Económica Europea, la actividad de redacción de Normas ha quedado en gran parte dentro de las actividades del COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN), de tal forma que las normas que aprueba el CEN deben ser obligatoriamente adoptadas en España.



En el ámbito del hormigón preparado, el órgano europeo que gestiona su normalización es el CEN/TC 104; en España el órgano asimilado es el CTN-83, cuya secretaría desempeña ANEFHOP.

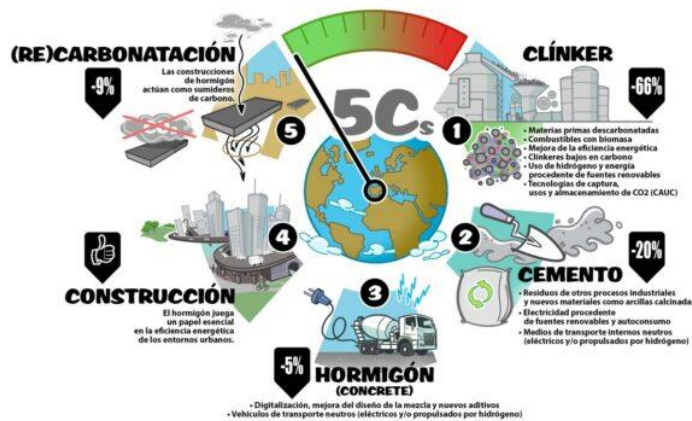
En noviembre de 2021, en el seno del CEN/TC 104, se ha creado un **Grupo de Trabajo WG-19 destinado a la preparación de normativa en los aspectos de la descarbonización**, eficiencia de los recursos y sostenibilidad del hormigón.

La elección del material de construcción influye en numerosos criterios de la evaluación de la sostenibilidad. Pero también hay muchos otros aspectos que influyen en la sostenibilidad y que son independientes del material de construcción; por lo que **considerar la sostenibilidad de una**

estructura únicamente en función de los materiales de construcción utilizados es inadecuado y erróneo.

Por regla general, el impacto medioambiental de un producto o material de construcción individual no es un factor relevante para la sostenibilidad de la estructura, sino que se trata de optimizar una estructura en un sentido holístico, como un todo.

La mayoría de las emisiones directas de CO₂ asociadas al hormigón provienen de la producción de cemento. El cemento aporta entre un 85% y un 90% de la huella de carbono del hormigón, en función entre otras cosas del tipo de cemento utilizado.



Por tanto, cualquier actuación encaminada a reducir la huella de carbono del hormigón queda condicionada a la propia reducción de la huella de carbono del cemento, pero sin desdeñar los esfuerzos en reducir la huella de carbono en los restantes aspectos.

Las industrias del cemento y del hormigón están evolucionando y desarrollando cementos y hormigones con el menor impacto medioambiental posible. Ya se pueden utilizar cementos y hormigones eficientes en términos de CO₂ con un contenido reducido de clinker de cemento.

La reducción del contenido de clinker es una de las palancas para reducir la huella de CO₂ de los cementos y, en consecuencia, en los hormigones.

El reto que se nos presenta es reducir aún más la huella de carbono del hormigón sin perder de vista su rendimiento técnico.

Existen diferentes cementos, con prestaciones similares para una misma función constructiva, pero en cuya producción se liberan menores cantidades de CO₂ por tonelada. Por lo tanto, ya es posible comprobar si un hormigón basado en un cemento más eficiente en términos de CO₂ tiene prestaciones comparables para la aplicación específica. La cuestión sobre el tipo de cemento a emplear en una planta de hormigón depende también de la **disponibilidad logística de las materias primas**. Por lo tanto, a la hora de especificar los componentes del hormigón que se van a utilizar, siempre hay que tener en cuenta los recursos disponibles a nivel local. Es esencial una buena información y comunicación entre las partes implicadas en la construcción.

La conservación de los recursos y la reducción de las emisiones de CO₂ también puede lograrse utilizando áridos producidos industrialmente o reciclados. El uso de **áridos reciclados** para el hormigón ya se recomienda en algunos proyectos de construcción.

Con las declaraciones medioambientales de productos (DAP o EDP en inglés) para el hormigón se dispone de valores de huella de materiales de construcción verificados de forma

independiente, que determinan el impacto medioambiental que puede atribuirse al hormigón en la sostenibilidad de la estructura.



En febrero de 2022 se ha verificado la huella de carbono del hormigón preparado de ANEFHOP. El valor verificado para los módulos de información A1, A2, A3 y A4 es de

- **236 kg CO₂ eq/m³** para hormigones de resistencia f_{ck} entre 20 y 25 MPa, y de
- **285 kg CO₂ eq/m³** para hormigones de resistencia f_{ck} entre 30 y 35 MPa.

Estos datos son similares y acordes a los valores que se pueden encontrar en las diferentes DAP (Declaración

Ambiental de Producto) publicadas en otros países de la Unión Europea.

La huella de carbono del hormigón preparado fue calculada en base a los datos de producción del año 2017 de 140 empresas y 427 centrales. El cemento empleado aquel año fue en un 27% cemento del tipo I (con un contenido en clinker superior al 95%) y de un 66% de cemento tipo II (con un contenido en clinker comprendido entre 65% y 94%).

El compromiso de ANEFHOP para la reducción de la huella de carbono en el año 2030 es de un **40% respecto del año 1990**

Ello supondría que para 2030, y para los módulos de información A1, A2, A3 y A4, la huella de carbono sería de **166 kg CO₂ eq/m³** para hormigones de resistencia f_{ck} entre 20 y 25 MPa, y de **193 kg CO₂ eq/m³** para hormigones de resistencia f_{ck} entre 30 y 35 MPa.

No se establecen hitos intermedios. No obstante, se prevé que su evolución pueda seguirse mediante la elaboración de nuevas DAP sectoriales que se revisarán en base a los valores de años intermedios, que probablemente sean en 2022 y 2027.

Para alcanzar este compromiso, se enumeran diferentes acciones que permiten avanzar en su cumplimiento:

- Empleo de cementos con menor huella de carbono.
- Empleo de materias primas con menor distancia de transporte.
- Optimización de dosificaciones, empleando los contenidos de cemento estrictamente necesarios para garantizar las prestaciones demandadas y conformes con la reglamentación.

- Digitalización de la construcción en general y de la industria del hormigón en particular, lo que permitirá optimizar el diseño de estructuras, su ejecución, y los suministros de hormigón preparado.
- Renovación de flotas con reducción de consumos de combustibles fósiles e incluso con el empleo de otras energías no emisivas de gases de efecto invernadero.
- Empleo de amasadoras fijas que, al suprimir el amasado en amasadoras móviles, reducen el consumo de combustibles fósiles.
- Reutilización y reciclado de materias primas.
- Autoconsumo energético mediante instalación de sistemas renovables de generación de electricidad para los procesos productivos: fotovoltaica, eólica, etc.
- Cambios legislativos que faciliten y promuevan el empleo de hormigón con menor huella de carbono.



PROPUESTAS DE ACTUACIONES PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO

La evaluación del ciclo de vida de toda estructura puede mejorarse esencialmente mediante una planificación inteligente. La cantidad de hormigón utilizado influye más en la evaluación del ciclo de vida que la clase de resistencia del hormigón.

I. La optimización del ahorro de recursos

Los recursos y su modo de empleo pueden ser optimizados en la construcción con hormigón bajo varios aspectos. Para garantizar una transferencia de carga óptima, todos los elementos portantes deben colocarse superpuestos; esta medida permite optimizar la cantidad de hormigón y de armaduras de acero.



- Una **optimización estática** de las estructuras o componentes de hormigón armado, con transmisiones de carga sencillas y rectas, sin rodeos a través de procesos de planificación contradictorios o de rediseño, presenta la ventaja de emplear menos materiales constructivos y reduce las cargas del peso propio. En general, la construcción debe ser "apropiada para el material". Las estructuras

sometidas a compresión reaccionan de forma mucho más elástica a las cargas y son, por tanto, más duraderas que los elementos estructurales sometidos a tracción o a cargas alternas.

- En el caso de las estructuras de hormigón, la **optimización de la tecnología** de producción puede conducir a una menor cantidad de residuos y a reducir su tiempo de producción.
- La **optimización de la formulación del hormigón** permite reducir las emisiones de CO₂ sin perder resistencia y durabilidad, por lo que, por regla general, no se requieren revestimientos y se producen superficies que requieren de poco mantenimiento.

II. La eficiencia del volumen

El espacio que ocupan las estructuras debe utilizarse de forma óptima, tanto desde el punto de vista económico como también para satisfacer la demanda de espacio existente con el menor consumo de suelo posible. A modo de ejemplo, en edificación disponer de plantas con el menor número posible de pilares aumenta la eficiencia del espacio y también sirve a la funcionalidad del edificio. La eficiencia del volumen está **significativamente influenciada por el grosor de los forjados**. Esto puede optimizarse eligiendo un sistema estructural con vanos adecuados.

- Mediante el **uso de componentes pretensados y hormigones de alta resistencia** se pueden realizar techos esbeltos, incluso con sistemas de techos de grandes luces. En este caso, las optimizaciones deben hacerse en función de los posibles usos previstos.

- Con **secciones transversales** de pilares esbeltas, por ejemplo, optimizadas mediante el uso de hormigones de alta resistencia o juntas a tope, la superficie del suelo puede utilizarse con la misma eficacia.

III. La flexibilidad de la estructura

Es de gran importancia para el uso sostenible de los inmuebles. Para ello, **debe ser posible adaptarse a los cambios en las necesidades de uso con los menores costes y consumo de recursos posibles.**



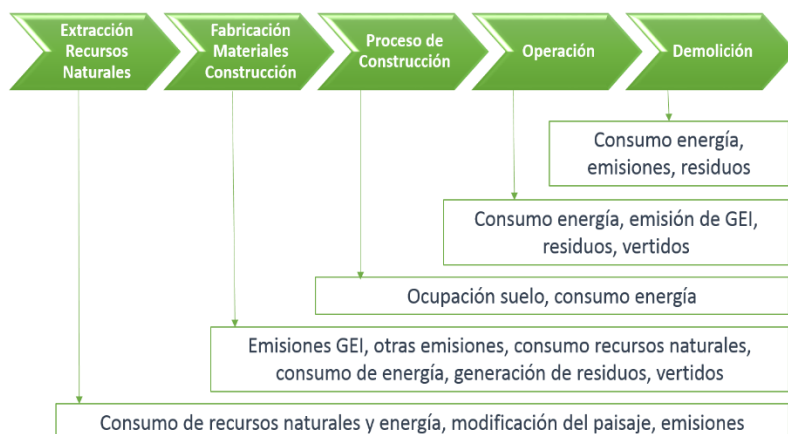
Detalle de la entrada al edificio Oxseo. Foto: Alfonso Quiroga.

Los planos sin columnas ofrecen la máxima flexibilidad para el diseño interior. Se pueden fabricar forjados con vanos de hasta 20 metros y naves industriales con vanos de cerchas de hasta 60 m. Con techos de vigas principales y secundarias, una disposición flexible de los pilares a lo largo de las vigas principales conduce a un aumento de la flexibilidad del espacio utilizable en la planta baja. Las reservas de carga para posteriores cambios de uso ya pueden planificarse con antelación dentro de unos límites razonables.

Además, deben considerarse las reservas para las cargas de desarrollo modificadas, por ejemplo, los tabiques ligeros. En el caso del uso industrial/comercial, se pueden tener en cuenta las cargas dinámicas de tráfico y, si es necesario, los casos de carga adicionales, como el "impacto de la carretilla elevadora" o la posterior instalación de una pista de grúas, para posteriores cambios o ampliaciones funcionales. Si se diseñan los marcos de los hastiales y los soportes de los aleros en consecuencia, es posible realizar posteriores ampliaciones de la nave sin ningún problema. En la construcción de varias plantas, la posibilidad de añadir plantas más adelante puede planificarse con antelación mediante detalles constructivos y la consideración de las cargas correspondientes.

IV. Las propiedades térmicas y de protección contra la humedad

Las propiedades térmicas y de protección contra la humedad de la envolvente del edificio



influyen en la demanda energética, el confort y la durabilidad. Con una planificación y unos detalles adecuados, **los edificios de hormigón pueden construirse prácticamente sin puentes térmicos y con una gran calidad visual.** Sin embargo, se debe prestar

mayor atención a la reciclabilidad y sostenibilidad de los materiales de aislamiento térmico utilizados.

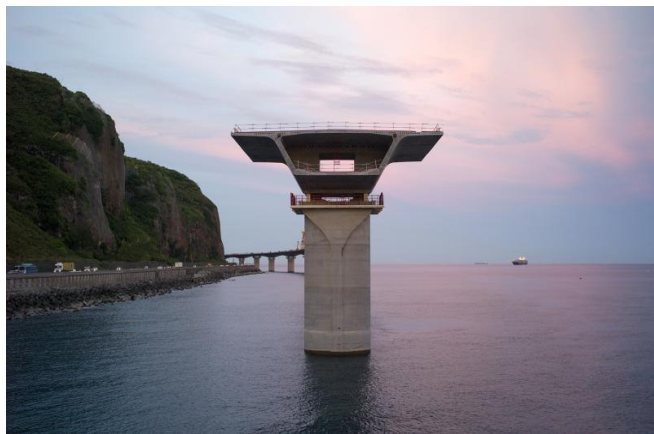
También pueden surgir alternativas interesantes con nuevos conceptos de secciones transversales de hormigón escalonado o sin finos, especialmente en sistemas de techo. La activación del núcleo de hormigón aprovecha la capacidad de almacenamiento térmico del hormigón y estabiliza las temperaturas interiores en verano e invierno. No sólo garantiza un clima interior extremadamente confortable -sin turbulencias de aire-, sino que también reduce la demanda de energía para calentar y refrigerar el edificio. Las propiedades térmicas del hormigón tienen un efecto positivo en el clima interior durante el aislamiento térmico del verano; la energía térmica también puede almacenarse de forma selectiva.

V. Aislamiento acústico

Debido a su elevada densidad, los elementos de hormigón ofrecen las condiciones ideales para un óptimo aislamiento acústico. **Para mejorar la acústica de las superficies descubiertas se pueden colocar velas de techo suspendidas, deflectores u otros absorbentes planos.** Los hormigones especiales o las superficies de hormigón estructurado también pueden contribuir a mejorar la acústica de la sala.

VI. Durabilidad

Para garantizar la durabilidad hay que evaluar de forma realista los **efectos del entorno y los requisitos de uso.** El hormigón preparado se diseña en función de su clase resistente y de la exposición ambiental a la cual está sometido. Unas condiciones de producción avaladas mediante un autocontrol continuo garantizan una calidad elevada y constante. La duración requerida de la **resistencia al**



fuego de los componentes de construcción de hormigón puede realizarse de forma fácil y económica según los requisitos de uso mediante una elección adecuada de la sección transversal. El hormigón no contribuye a aumentar la carga de fuego y no desarrolla tampoco gases tóxicos ni humos pesados en caso de incendio. Las estructuras de hormigón prácticamente no necesitan mantenimiento debido a la durabilidad y resistencia del material.

VII. Reutilización de toda la estructura

La posterior deconstrucción al final del ciclo de vida de la estructura debe tenerse en cuenta ya en la fase de planificación. Si es posible, se debe aspirar a la reutilización de toda la estructura o de sus componentes individuales en términos de sostenibilidad. En el caso de los métodos innovadores de construcción de hormigón con armadura no metálica, **las cuestiones de reciclabilidad y reutilización deben tenerse en cuenta durante la fase de planificación.** En

algunos casos, la separación del hormigón y de la armadura por tipos no es todavía posible desde el punto de vista técnico o económico para estos métodos de construcción de hormigón.

El reciclado del hormigón ha demostrado su validez como árido grueso en el hormigón o como relleno en la construcción de carreteras, donde sustituye a las materias primas primarias. En 2018 la tasa de reciclaje del hormigón demolido fue superior al 90%. El 100% de la armadura separada del hormigón se devuelve al ciclo de materiales como chatarra de acero. El uso de áridos gruesos reciclados como componente del hormigón está regulado en el Código Estructural. Dependiendo de la clase de exposición y del tipo de árido reciclado, hasta el 20% del árido grueso puede ser sustituido por árido reciclado grueso. Hay que tener en cuenta que, en la actualidad, los áridos reciclados sólo están disponibles a nivel local para la producción de hormigón estructural.

VIII. Diseño estructural

En el curso de la planificación de las estructuras de hormigón, hay que tener en cuenta que las decisiones sobre el diseño estructural y la especificación de las propiedades de los materiales de construcción **siempre tienen un impacto en los métodos de construcción posibles y necesarios**. A este respecto, el diseñador debe combinar los diferentes aspectos y considerar los efectos correspondientes en el ámbito de la tensión entre el diseño/estructura, la elección del material de construcción y la propia construcción.

Los efectos de las especificaciones de diseño son, por ejemplo:



- Una mayor reducción del contenido de clinker en el cemento o la reducción del contenido de cemento en el hormigón conduce a un desarrollo más lento de la resistencia y, por lo tanto, a tiempos de curado a veces significativamente más largos y a una mayor vida útil del encofrado. Este esfuerzo adicional debe tenerse en cuenta a la hora de considerar el esfuerzo global a realizar.
- La optimización y la reducción de las secciones transversales siempre conducen a que la colocación del hormigón sólo sea posible con un mayor esfuerzo. Cuando se optimiza la masa en el sentido de reducir las cantidades de hormigón, siempre hay que tener en cuenta el esfuerzo de construcción resultante. El uso de vibradores externos puede ser necesario porque el uso de vibradores internos no es posible para componentes muy delgados y de alta calificación.
- El uso de áridos reciclados presupone que están disponibles localmente con la calidad y uniformidad necesarias, pero esto escapa al control del contratista. En este sentido, el uso de áridos reciclados puede suponer un aumento de los costes de transporte y

producción por parte del fabricante de materiales de construcción, que debe tenerse en cuenta en el balance global.

- En el caso del árido reciclado, que sólo puede homogeneizarse de forma limitada, y con sus correspondientes propiedades fluctuantes, pueden producirse alteraciones inesperadas en las propiedades del hormigón fresco, que requieren una mayor atención al colocar el hormigón y, por tanto, un mayor esfuerzo durante la construcción.

Dependiendo de la tarea de construcción, pueden surgir otros problemas si las especificaciones en la planificación y en la selección de los materiales de construcción restringen el campo de acción de la obra y provocan un aumento de los gastos. En la construcción sostenible con hormigón, estas interacciones se consideran conjuntamente y en el sentido de un equilibrio global.



20
VELA CRUISSADA
ZONA DE MANEJO
DE LA ZONA DE BARRIO

RIZORRA PELIGRO
DE MOVIMIENTO

SEGUIRUT A LA PLANTA DE VEJAMALLA
• PUNTE DELO ENTRANT EN CALLE DELO
• PROHIBIDA QUE TRABAJO A LA PLANTA DELO
• LOS VEHICULOS DEBEN PARAR EN EL PUNTO DELO
• ALA OTRA BANDA DEL CORTADO FRENANDO
EN EL PUNTO DELO DE LO TRABAJO DELO
• FALTA VEHICULO

NUMERO DE CITA BARRIO ATENCION 0169

 ANEFHOP