



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Edificación

ESTUDIO ESTADÍSTICO DE HORMIGÓN DE PLANTAS SUMINISTRADORAS

Alumno:

Rubén Ariza Vázquez

Tutor:

Dr. Jorge Polo Velasco

PROYECTO FIN DE GRADO

Grupo 25

Curso 2019/2020

ÍNDICE:

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETO	7
3. METODOLOGÍA.....	8
4. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS.....	12
5. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRA Y REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE HORMIGÓN 13	
6. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN	20
6.1. METODOLOGÍA	20
6.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS TRAS EL TAMIZADO DE LA BASE DE DATOS:.....	23
7. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN A 28 DÍAS	36
7.1. METODOLOGÍA	36
7.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS TRAS EL TAMIZADO DE LA BASE DE DATOS:.....	37
8. CONCLUSIONES	48
8.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CONSISTENCIA:	49
8.2. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN:.....	53
8.3. NUEVAS LÍNEAS DE TRABAJO:.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

RESUMEN

En la actualidad de los materiales empleados en la construcción, el Hormigón es el más habitual empleándose en la cimentación y en la estructura teniendo una gran relevancia para conseguir seguridad en las obras de construcción e ingeniería civil.

Los técnicos normalmente solicitan el suministro a las plantas buscando la cercanía o el ahorro económico.

Con este trabajo se pretende ofrecer una ayuda para la toma de decisión de cual planta nos suministrará el hormigón a la obra, en base a la experiencia y resultados de los ensayos obtenidos en otras obras, de esta manera podremos obtener un “catálogo estadístico” con las características de los hormigones de las plantas suministradoras del área de Sevilla.

Este trabajo puede contribuir a que la decisión de la planta de suministro, no sólo sea la cercanía o un aspecto económico, sino que se aportarán datos característicos del producto suministrado.

En este trabajo se analizan los resultados obtenidos de ensayos de consistencia y resistencia a compresión a 28 días, realizados a muestras de hormigón procedentes de plantas suministradoras. Estas muestras corresponden al periodo comprendido entre el 1 de Enero de 2.010 a 31 de diciembre de 2.019.

PALABRAS CLAVES:

Estadística de hormigón, ensayo de consistencia, ensayo de resistencia a compresión a 28 días, tipo de hormigón, plantas de suministro.

ABSTRACT

Concrete is the most usual material being used in construction work at the present time. It is wide used in foundations and structures, having a great relevance for getting security in building and civil engineering works.

The concrete supply plant is usually selected by technicians based on proximity and cost savings factor.

The aim of this work is to offer a decision making aid as to which plant will supply the concrete to the work, based on the experience and results of the tests obtained in other works, this way we will be able to achieve a "statistical catalogue" with the characteristics of the concretes from the supply Seville zone concrete plants.

This catalogue would be an usefull tool to decide which plant would be selected not just based in the closeness to work site or the economics factors but also for the characteristics of the concrete produced by them.

This document analyzes the results obtained from consistency and resistance to compression at 28 days tests, carried out of concrete samples from supply plants. These samples correspond to the period from January 1, 2010 to December 31, 2019.

KEYWORDS

Concrete statistics, consistency test, resistance to compression at 28 days, type of concrete, supply plants.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se pretende desarrollar como Proyecto Fin de Grado forma parte de una investigación ya iniciada y el interés ya descubierto durante mi experiencia profesional he trabajado desempeñando funciones como Técnico en diversas entidades de control de calidad.

Aunque actualmente mi desempeño profesional no está vinculado con la construcción, desarrollo estudio y seguimientos presupuestarios en una empresa pública, esto me ha servido para el desarrollo de habilidades como el manejo de programas de ofimáticas comerciales y habituales en más profundidad.

Con la motivación de la realización de este Proyecto Fin de Grado, he decidido aprovechar la oportunidad de poder obtener unos valores reales de resultados de ensayos de hormigón y analizar estadísticamente sus resultados.

Previamente al inicio del trabajo, he realizado una labor de investigación para buscar información sobre estudios similares para ver qué conclusiones obtuvieron y determinar desde que perspectiva poder abordar la materia, sin embargo, no he encontrado nada, lo cual hace que este trabajo, en mi opinión, sea singular e inédito, y de una posible importancia técnica al tratar resultados reales y no ficticios, por lo tanto, las conclusiones que se obtengan son un fiel reflejo de la realidad. Resultando de utilidad general y de aplicación práctica directa y abierta.

Partimos que el hormigón estructural en España está regulado por la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) aprobada en el Decreto 1247/2008, de 18 de julio. En esta instrucción, tal y como ya lo hacia la instrucción anterior se establecen los requisitos para tener en cuenta en el proyecto y ejecución de estructuras de hormigón, con el objeto de lograr los niveles de seguridad adecuados a su finalidad.

2. OBJETO

Tras un proceso de investigación, recopilación y estudio, el objeto de este trabajo es el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos realizados como control de recepción a muestras de hormigón preparado, suministrado y fabricado en centrales externas a la obras, centrándonos fundamentalmente en lo siguiente:

- Estudiar la consistencia por tipo de hormigón y planta suministradora de hormigón preparado. Se analizan, según la consistencia definida en la designación, los resultados obtenidos, comparando la relación entre los valores obtenidos en el ensayo de asiento del hormigón fresco suministrado y el tipo de consistencia especificada que define al hormigón según su tipo.
- Analizar los resultados de la resistencia a compresión a 28 días a partir de las muestras de hormigón fresco tomadas en obra, comparándolas según tipo de hormigón y plantas suministradoras. Se estudia las resistencias a compresión, según la resistencia especificada en la designación, los resultados obtenidos, comparando la relación entre ambos valores.

El estudio y análisis de los resultados comprende la información en el periodo comprendido desde el 1 de enero de 2.010 al 31 de diciembre de 2019, de todas las muestras de hormigón fresco recepcionadas por la Entidad de Control de Calidad: Elabora, Agencia para la Calidad en la Construcción S.L. Las muestras recepcionadas pertenecen a un total de 128 Plantas de suministros de hormigón.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo se estructurará en una serie de fases o actividades en las que se han aplicado los métodos que a continuación se resumen.

Búsqueda de datos: base información

La base de este estudio estadístico se encuentra en la información facilitada por la Entidad de Control de Calidad: Elabora, Agencia para la Calidad en la Construcción S.L. En este laboratorio utilizan el software HCLAB. Cuando los laborantes realizan una toma de muestra de hormigón, se mecanizan los datos que identifican la muestra tomada en la aplicación, diariamente se genera un listado con la identificación de las muestras que por fecha corresponde realizar el ensayo de rotura a compresión. Los laborantes extraen de la cámara húmeda las muestras indicadas y realizan el ensayo de rotura a compresión en la prensa hidráulica. El sistema informático está conectado con la prensa hidráulica, volcándose automáticamente los valores de los resultados de las roturas a compresión en la información de la muestra ensayada.

Exportar los datos

El software HCLAB (aplicación informática destinada a gestionar laboratorios de ensayos), además de garantizar una trazabilidad, permite extraer y filtrar por las características de las muestras tomadas la información obtenida, centrándonos en nuestro caso, en las muestras de hormigón fresco. El sistema ofrece la posibilidad de hacer exportación de los datos filtrando por parámetros como planta de suministro, tipo de hormigón, fecha de muestreo, etc.

Para la obtención de datos he preferido realizar una exportación masiva de la información que necesitaba, en el periodo comprendido desde el 1 de enero de 2.010 al 31 de diciembre de 2.019 incorporando así en una base de datos toda la información de muestras de hormigón fresco tomadas por el laboratorio en el periodo de estudio y mediante el uso del software Microsoft Excel tratar toda esta información, incorporándole filtros con los criterios que necesitemos como por ejemplo la distinción entre hormigón “hecho en obra” y el suministrado por planta. He optado por este criterio de exportación, ya que al ser un volumen tan grande de datos, una exportación individualizada clasificando la información por criterio de plantas de suministro, tipo de hormigón, clase de consistencia iba a resultar un trabajo más arduo y podría provocar que por error omitiéramos algún criterio, causando esto que las variables obtenidas fueran menos representativas, la adopción de este criterio ha hecho que haya tenido que

realizar un mayor trabajo con la base de datos en Microsoft Excel, pero con esta metodología se ha garantizado que en la información a estudiar estén todos los datos para analizar.

Aplicación de filtros

Tras la realización de la exportación masiva de HCLAB de muestras de hormigón fresco muestreadas en el periodo comprendido desde el 1 de enero de 2.010 al 31 de enero de 2019, se han obtenido un total de 23.250 registros con la siguiente información necesaria para el estudio:

- Fecha de fabricación
- Designación del Hormigón: Consistencia y resistencia.
- Planta de suministro.
- Medida del asentamiento del cono de Abrams.
- Resultados de roturas.
- Media de los resultados de las roturas a compresión a 7 días, expresadas en N/mm².
- Media de los resultados de las roturas a compresión a 28 días, expresadas en N/mm².

Catalogación de los distintos hormigones

Tras la obtención de los datos solicitados al software HCLAB, se han tratado en programa Microsoft Excel, en el cual se han ido catalogando los resultados obtenidos por tipología de hormigón según la consistencia designada o su resistencia característica.

Selección de representatividad.

Se ha realizado un trabajo de análisis de todos los información eliminando los resultados que incluyesen una falta de determinación en las características que necesitamos para poder tratar los resultados o posibles errores en la mecanización de los datos que pudieran alterar las conclusiones obtenidos de este estudio.

Análisis y tratamiento de los resultados: consistencia y resistencia

Para la realización del análisis de los resultados de los ensayos de las muestras de hormigón, hemos partido de la base de datos incluyendo la información que necesitábamos para el estudio: la resistencia característica del hormigón y el tipo de consistencia. Una vez que todos los muestras de hormigón de la base de datos tiene asociada un valor de resistencia característica y la clase de consistencia, he podido realizar el tratamiento de los datos, para ello me he ayudado de la herramienta

avanzada de Excel: tablas dinámicas, esta herramienta sirve para resumir los datos de una hoja de cálculo, como la que he utilizado, que agrupa todos los resultados y permite hacer cálculos y analizar los datos permitiendo cambiar con facilidad los criterios a estudiar y realizar comparaciones.

Para poder utilizar la herramienta de tablas dinámicas previamente se ha tenido que añadir columnas que ofrecen información imprescindible para el tratamiento de los datos. Fundamentalmente la información que se ha incorporado es la siguiente:

- Información sobre la procedencia del hormigones decir si procede de planta o es “hecho en obra”, esta columna nos sirve para filtrar los resultados de las muestras de hormigón cuya procedencia es exclusivamente de plantas de suministro.
- Columna que nos indica si en los resultados de consistencia hay un valor numérico o no, con esta columna podemos filtrar los resultados de las muestras de hormigón de los cuales no hay datos de los resultados del ensayo del Cono de Abrams.
- Columna que nos indica si en los resultados de resistencia a compresión a 28 días hay un valor numérico o no, obteniendo de esta manera una manera de cribar las muestras de las que no tenemos resultados a compresión a 28 días y por lo tanto no incluiremos en el estudio.
- Columna que nos indica si en la columna de los resultados a compresión a 7 días y a 28 días existe un valor numérico, para poder ofrecer información sobre la evolución de la resistencia del hormigón.
- Columna con los valores que establece la EHE, para el cumplimiento de la consistencia.
- Columna con los valores de tolerancia que refiere la EHE para el cumplimiento de la consistencia.
- Columna con los valores de resistencia específica, según la designación del hormigón.

Estas 3 últimas columnas son fundamentales para el desarrollo del estudio, ya que son los valores que utilizaremos como referencia para que mediante el uso de formulación, crear una función condicionante, que nos indique si los resultados cumplen las especificaciones exigidas por la EHE.

Durante el trascurso del tratamiento de los valores de los ensayos realizados, la base de datos se ha ido depurando y comprobando que los resultados obtenidos eran lógicos, por ejemplo, con la obtención de los valores máximos y mínimos cerciorándonos así que los resultados eran coherentes, excluyendo de esta manera posibles errores de mecanización en muestras con asentamientos superiores a 30 centímetros.

Una vez tenemos toda la información necesaria es cuando utilizamos la herramienta de tablas dinámicas en la que indicamos los criterios con los que vamos a analizar la información y el resumen del valor obteniendo los valores medios, desviación, valores máximos y mínimos.

4. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS.

Para el análisis de los datos podemos aplicar diversos conceptos estadísticos, pero por las características de los datos y la información que vamos a manejar se han tenido en consideración los siguientes conceptos de estadística:

- ✓ Población: es el conjunto sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones, en nuestro caso la población son los 23.250 registros obtenidos de los ensayos realizados.
- ✓ Muestra: es un subconjunto de la población al que tenemos acceso y sobre el que realmente hacemos las observaciones. Durante el estudio estadístico se estudiarían diversas muestras para tener valores más representativos, como por ejemplo subconjunto de la población con mismo tipo de consistencia, subconjunto de la población con misma designación de hormigón.
- ✓ Media aritmética: es el promedio de los valores de una variable, es decir la suma de los valores dividido por el tamaño de la muestra.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- ✓ Desviación estándar: La desviación estándar es la medida de dispersión más común, nos ofrece información sobre la dispersión media de una variable. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos. La desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de referencia para estimar la variación general de un proceso. Se calcula con la raíz cuadrada de la varianza.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

- ✓ Valor máximo: es el valor más grande del conjunto de datos.
- ✓ Valor mínimo: es el valor más pequeño del conjunto de datos.

5. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRA Y REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE HORMIGÓN

En el artículo 86 de la EHE, se establece el Control del hormigón, haciendo mención a las normas UNE por los que se realizarán las tomas de muestras y ensayos. De estas normativas las que consideraremos para nuestro estudio son las siguientes:

- Toma de muestras de hormigón fresco, según **UNE-EN 12350-1:2009**. Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras.
- Consistencia del hormigón, según **UNE-EN 12350-2:2009**. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.
- Fabricación de probetas, según **UNE-EN 12390-2:2009**. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
- Resistencia a compresión del hormigón a 28 días, según **UNE-EN 12390-3:2020**. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.

Con los ensayos de control realizado por los laboratorios se pretende comprobar que las características de la calidad del hormigón son las previstas en el proyecto, que serán las generales recogidas en la EHE-08, más las especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

La correcta realización de los ensayos comienza en la obtención de la muestra finaliza en la ejecución de ensayos.

A continuación, se describe las distintas fases para la toma de muestras de hormigón fresco y la ejecución del ensayo de consistencia de hormigón y de resistencia compresión de hormigón a 28 días.

Toma de muestras de hormigón fresco

En la norma “UNE-EN 12350-1:2009. Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras.” se indica el procedimiento para la toma de muestra de hormigón fresco del camión hormigonera, en la mayoría de los casos la muestra tomada es puntual teniendo que realizarse entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la descarga. Durante el transporte, muestreo y manipulación, las muestras deben de estar protegidas contra la pérdida de agua, variaciones extremas de temperatura, ganancia o pérdida de agua y contaminación.

En cada toma de muestra realizada se realizará un informe con la siguiente información:

1. Identificación de la muestra:
 - a. Tipo de hormigón
 - b. Tipo de cemento empleado y dotación por m³.
 - c. Tipo de aditivo empleado.
 - d. Suministrador de hormigón.
 - e. Central desde la que se suministra.
 - f. Cliente que lo solicita.
 - g. Obra a la que corresponde la toma de muestra.
2. Tipo de muestreo: Compuesto o Puntual.
3. Descripción de donde se toma la muestra.
4. Hora y fecha de muestreo. Del albarán del camión de suministro se tomará los datos de hora de carga del camión y hora límite de uso. Se anotará la hora de inicio de vertido, la matricula del camión y el número de albarán de suministro.
5. Desviaciones producidas del método normalizado de muestreo.
6. Declaración por parte de persona técnicamente responsable por la cual declara que la muestra se realizó según norma a excepción de las posibles desviaciones indicadas en el informe.
7. Datos del laborante que realiza la toma de muestra. Nombre y firma.
8. Condiciones climatológicas y ambientales.
9. Temperatura de la muestra de hormigón.

Consistencia del hormigón

En la norma “UNE-EN 12350-2:2009. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento”, se define como medir la consistencia del hormigón fresco mediante el cono de Abrams.

El ensayo del cono de Abrams se fundamenta en la disminución de la altura que se produce cuando un cono de hormigón fresco se desmolda, esta diferencia de altura es la medida que define la consistencia.

El procedimiento para la realización del ensayo es el siguiente:

- Preparación del molde metálico humedeciéndolo y colocándolo sobre bandeja o chapa rígida también humedecida, sujetándolo con los pies para que se pueda mover durante los siguientes procesos.
- Relleno del molde con hormigón fresco en 3 capas de aproximadamente la misma altura.
- Entre cada capa de hormigón se compacta mediante con 25 golpes con una barra metálica compactadora, siempre penetrando en la capa anterior.

- Retirada del hormigón sobrante tras la compactación de la última capa.
- Extracción del molde metálico levantándolo en dirección vertical de manera uniforme durante 5-10 segundos.
- El resultado de la consistencia se determinará midiendo la distancia entre la altura del molde y la del punto más alto de la muestra después del ensayo.

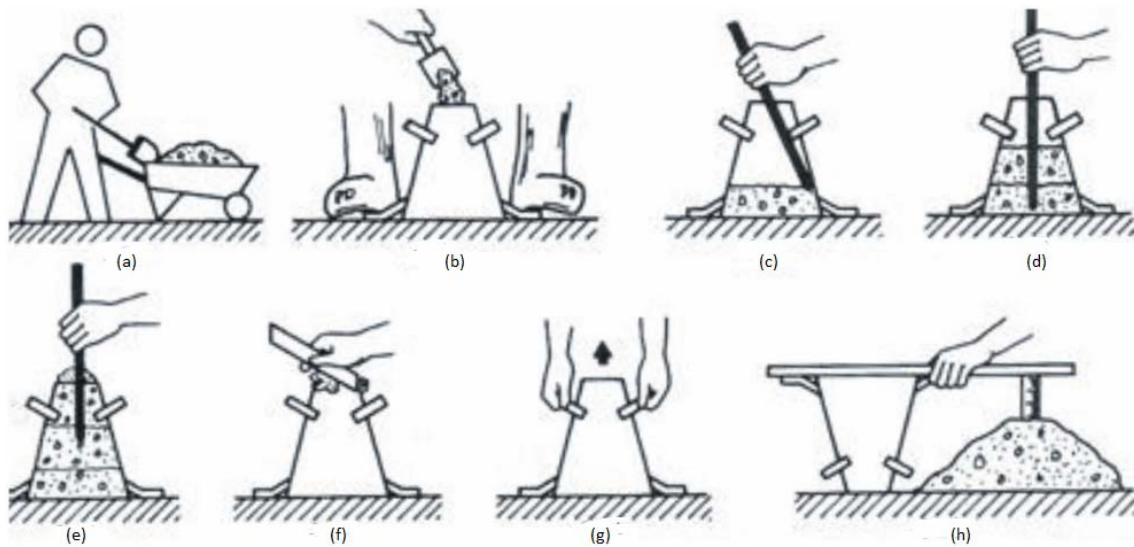


Figura 1: Metodología para determinar la consistencia del hormigón; Fuente: Manual de control de calidad de los ensayos de hormigón

Los distintos tipos de consistencias y los valores límites de los asentamientos correspondientes al resultado obtenido en el cono de Abrams son los que se indican en la siguiente tabla, dichos valores están contemplados en la EHE en el art. 31.5.

Tipo de Consistencia	Asentamiento en cm.	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Seca (S)	0-2	0	0-2
Plástica (P)	3-5	±1	2-6
Blanda (B)	6-9	±1	5-10
Fluida (F)	10-15	±2	8-17
Líquida (L)	16-20	±2	14-22

Tabla 1: Tipo de Consistencia según el asentamiento.

En la siguiente Figura se puede apreciar visualmente el asentamiento que sufre la masa de hormigón fresco tras la realización del ensayo de cono de Abrams.

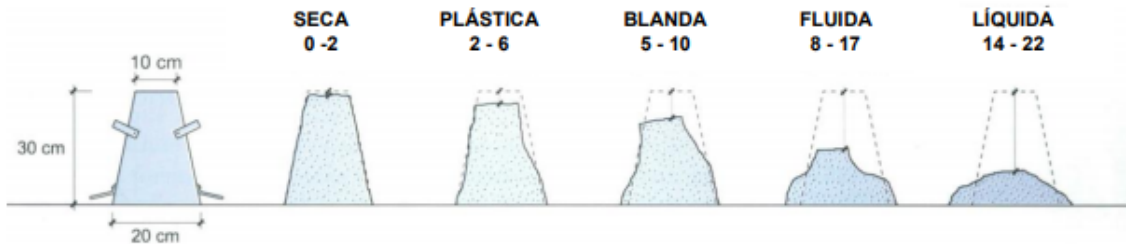


Figura 2: Clasificación de consistencia según asentamiento; Fuente: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/17354/Tema%2003_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tras la realización del ensayo es obligación del laborante del laboratorio informar del resultado del ensayo, ya que el no cumplimiento del valor del asentamiento puede implicar el rechazo automático de la amasada por el receptor del hormigón.

Según el art.86.5.2.1 de la EHE-08, se determinará el valor de la consistencia siempre que se fabriquen probetas para controlar la resistencia.

Fabricación y curado de probetas

En la norma “UNE-EN 12390-2:2009. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia” modificada en 2.009, se indica cómo se procederá para la fabricación y conservación de las probetas de hormigón fresco.

Para la realización de las probetas de hormigón se utilizarán moldes cilíndricos de 15x30cm o cúbicos de 15x15x15 cm. Los moldes serán metálicos o de material rígido no absorbente y estanco, con superficies interiores exentas de irregularidades y la base de estos normal al eje.

El procedimiento para la realización del ensayo es el siguiente:

- Preparación y llenado del molde. Los moldes se preparan cubriendo la parte interior con una película desencofrante no reactivo para evitar que el hormigón se adhiriera al molde. Las probetas serán compactadas en un mínimo de dos capas, pero ninguna capa deberá tener un espesor superior a 100 mm., por lo tanto para los moldes utilizados de diámetro 150 mm y altura 300mm., serán necesarias 3 capas.
- Compactación del hormigón, inmediatamente después del verter el hormigón en el molde se compactará cada capa. Los métodos para realizar la compactación son los siguiente;

- Vibración mecánica, esta podrá realizarse mediante aguja vibrante o mediante mesa vibrante, aplicando la vibración el tiempo imprescindible para conseguir la compactación ya que un exceso en el vibrado podría genera una pérdida del aire ocluido.
- Compactación manual, para este método necesitamos una barra compactadora y un mazo de goma, golpeando con la barra de manera uniforme sobre la sección transversal del molde 25 golpes por capa, penetrando en la capa anterior, tras compactar cada capa se golpeará el molde ligeramente con el mazo de goma para eliminar burbujas de aire atrapado, pero no el aire ocluido.

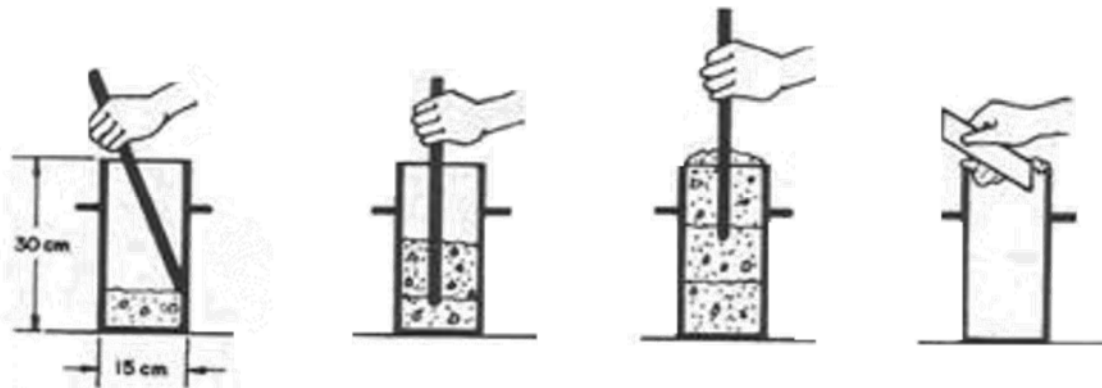


Figura 3: Metodología realización probetas de hormigón; Fuente: Manual de control de calidad de los ensayos de hormigón

- Nivelación de la superficie, con una llana de acero se eliminará los restos del hormigón depositado en el borde superior del molde nivelando la superficie.
- Marcado de las probetas, para garantizar la trazabilidad de la muestra hasta la realización del ensayo, se marcarán las probetas de manera clara y duradera, sin dañarlas.
- Curado de las Probetas, tal y como se indica en la EHE, una vez fabricadas las probetas, se mantendrán en el molde, convenientemente protegidas, durante al menos 16 horas y nunca más de tres días. Durante su permanencia en la obra no deberán ser golpeadas ni movidas de su posición y se mantendrán a resguardo del viento y del asoleo directo. En este periodo la temperatura alrededor de las probetas deberá estar comprendida entre los límites de la tabla 86.3.2.b.

Tabla 86.3.2.b

Rango de temperatura	de fck (N/mm ²)	Período máximo de permanencia de las probetas en la obra
15°C – 30°C	<35	72 horas
	≥35	24 horas
15°C – 35 °C	cualquiera	24 horas

Tabla 2: Permanencia máxima de probetas en obra; Fuente: EHE

En el caso de que puedan producirse en obra otras condiciones ambientales, el Constructor deberá habilitar un recinto en el que puedan mantenerse las referidas condiciones. En obra se recomienda proteger las probetas con la colocación sobre los moldes de una arpillera húmeda o metiéndolas en bolsa selladas que eviten la evaporación rápida del agua o la incorporación de agua de lluvia

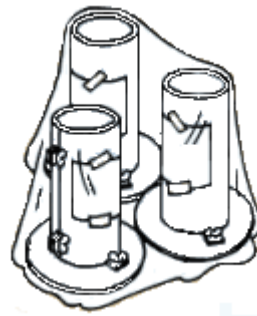


Figura 4: Protección de probetas; Fuente: <http://estructurasdehormigonarmado.blogspot.com/2012/05/21-que-es-una-probeta-como-se-realiza.html>

- Transporte de las probetas de ensayo y conservación, durante el transporte se evitará que sufran golpes y desplazamientos dentro del vehículo de transporte se evitarán las pérdidas de humedad y las posibles desviaciones de temperatura exigidas. En el laboratorio tras desmoldar las probetas, se conservaran en agua a una temperatura de 20°C ±2°C, o en una cámara húmeda a 20°C ± 2°C y a una humedad relativa ≥95%, para de esta manera curarlas hasta la realización del ensayo

Resistencia a compresión de probetas de hormigón a 28 días.

En la norma “**UNE-EN 12390-3:2020**. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas”, se establece el método normalizado para obtener la resistencia del hormigón a compresión establecida por la EHE, a efectos de esta instrucción la resistencia del hormigón a compresión se refiere a los resultados

obtenidos en ensayos de rotura a compresión a 28 días, realizados sobre probetas cilíndricas de 15 cm. De diámetro y 30 cm. De altura, fabricadas, conservadas y ensayadas conforme a lo que se establece en la instrucción, en caso de que el control de calidad se efectúe mediante probetas cubicas se seguirá el procedimiento establecido en el artículo 86.3.2, en el cual se indica que los resultados obtenidos deberán afectarse con un factor de conversión.

Según se establece en la normativa las probetas deben de cumplir con las dimensiones y tolerancias de la norma UNE-EN 1290, Parte 1, si no cumplen se pueden ajustar aplicando dos métodos:

- Pulido de las caras en contacto con la superficie de la prensa
- Refrentado con mortero de azufre de las caras en contacto con la superficie de la prensa.

Para la realización del ensayo se introduce la probeta en una prensa que aplica de forma continua una carga hasta que se produce la rotura, obteniéndose de esta manera el valor de la carga de rotura. En la siguiente Figura, se representan los tipos de roturas satisfactorias y no satisfactorias que indica la norma UNE 12390-3:2003. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas”.

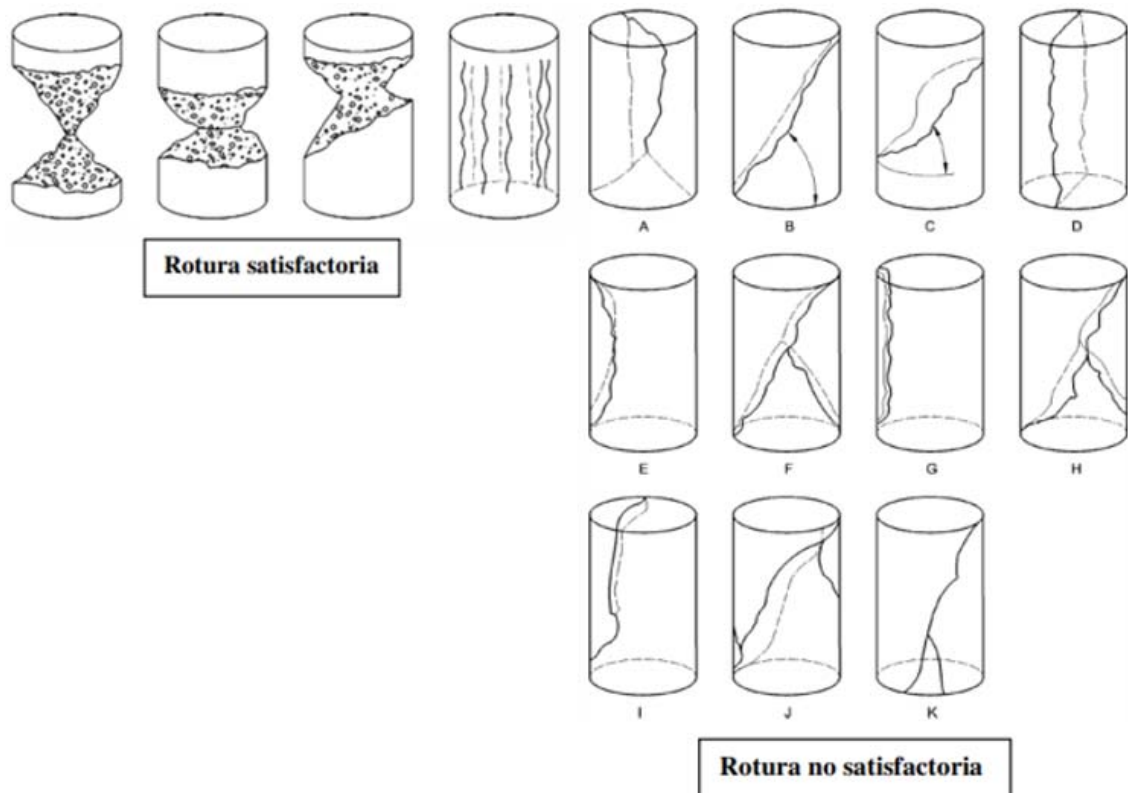


Figura 5: Tipos de roturas de probetas: Fuente: UNE-EN 12390-3. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas

6. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN

6.1. METODOLOGÍA

Para el análisis de los resultados de los ensayos de consistencia realizados a través del cono de Abrams, tal y como se ha indicado con anterioridad, nos fundamentamos en una base de datos con resultados obtenidos desde 2010 a 2019. Esta relación de resultados necesita un estudio para filtrar y eliminar muestras que contaminan la población total, provocando valores que los resultados obtenidos sean difusos y no sean representativos.

Primer filtro: Selección hormigón de central

Con la primera revisión eliminamos los resultados de las muestras de hormigón que no provienen de plantas de suministro, con esto conseguimos que el número total de muestras disminuya de 23.250 a 22.838 (98,23%) estas muestras se eliminan, ya que no son objeto del estudio de este proyecto fin de grado.

	NÚMERO	%
Nº total de muestras	23.250	100,00%
Muestras de hormigón de plantas suministradoras	22.838	98,23%
Muestras hormigón hecho en obra	412	1,77%

Tabla 3: Muestras de hormigón de plantas suministradoras.

Segundo filtro: Autenticación plantas suministradoras

Se han seleccionado 32 plantas de suministro de hormigón. En la siguiente tabla hago referencia a las plantas estudiadas ordenadas alfabéticamente.

PLANTAS SUMINISTRADORAS	PLANTAS SUMINISTRADORAS
ANDEMOSA	HORMIGONES RELOSA S.A.
ARENOR	HORSAGÓN
ARIAN S.L.	HORSEV
ÁRIDOS Y HORMIGONES HISPALENSES, S.L.	HYMPSA-OBRA
BELLAVISTA HORMIGONES	HYMPSA-UTRERA
BETON CATALAN, S.A.	INFOREL
BETONALIA	LEFLET
CREACONS	OH
EIFFAGE	PAVECO HORMIGONES
EL MOBILE	POLVEROS LA CARCEL
HORMALIA S.L	PREBETONG
HORMALIA	PRELHOR
HORMIGONES ALJARAFE	SERRANO, S.L.
HORMIGONES ASTISOL, S.A.	SURGY PS
HORMIGONES LA RED	TERRATEST
HORMIGONES PREMACONS, S.L	VOTORANTIM

Tabla 4: Relación de plantas de suministro.

En la Ley de Protección de Datos, Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, en el artículo 5 indica “*Los responsables y encargados del tratamiento de datos así como todas las personas que intervengan en cualquier fase de este estarán sujetas al deber de confidencialidad al que se refiere el artículo 5.1.f) del Reglamento (UE) 2016/67..*”. Con el fin de cumplir con la ley de Protección de Datos no se van a referenciar las plantas de suministro por su identificación, se autentificarán mediante un número elegido aleatoriamente que sólo conocerá el autor del presente trabajo. Las plantas serán nombradas como Planta de Suministro 1 al 32.

Tercer filtro: Eliminación de tomas sin resultados de asientos

En esta etapa filtramos las muestras a las que no se le ha realizado ensayo de consistencia de hormigón. De las 22.838 muestras provenientes de plantas de suministros descartamos 664 a las cuales o no se le ha realizado el cono de Abrams o al registrar la muestra no se introdujo el valor del resultado. Con este filtro nos queda una población de 22.174 muestras que representan un 95,37% del número de muestras de hormigón tomadas de plantas suministradoras.

	NÚMERO	%
Muestras de hormigón de plantas suministradoras	22.838	100,00%
Muestras con ensayo de consistencia	22.174	97,09%
Muestras sin ensayo de consistencia	664	2,91%

Tabla 5: Muestras con ensayo de consistencia.

Cuarto filtro: Eliminación de tomas sin suficientes datos

Se comprueban los valores de designación de la tipificación del hormigón, en la que debe de estar identificado el tipo de consistencia. Con este filtro identificamos los ensayos que, aunque la procedencia del hormigón sea de planta de suministro y se le haya realizado el ensayo de consistencia, no podemos analizar los resultados, ya que no podemos clasificarlas debido a la falta de la designación de la consistencia. Esta incidencia puede deberse a una falta de información en el albarán de toma de muestra o por error en la mecanización de los datos en el software de registro. Este análisis provoca una disminución de la población de 228 muestras, con lo que obtenemos que la población quede reducida a 22.174 muestras.

	NÚMERO	%
Muestras con ensayo de consistencia	22.174	100,00%
Muestras con designación de consistencia	21.946	98,97%
Muestras sin designación de consistencia	228	1,03%

Tabla 6: Muestras con designación de consistencia.

Quinto filtro: Eliminación de tomas con resultados erróneos

En esta fase analizamos los resultados de los ensayos, eliminando las muestras que los valores obtenidos en el ensayo no tienen lógica, por ejemplos muestras con resultados de ensayo superiores a 30 cm. Con esto tamizamos la población a analizar, obteniendo un número final de muestras a estudiar de 21.935 que representa un 94,34 % del número total de muestras que teníamos en la base de datos.

	NÚMERO	%
Muestras designadas consistencia	21.946	100,00%
Muestras finales	21.935	99,95%
Muestras descartadas por errores	11	0,05%

Tabla 7: Muestras sin errores de mecanización.

6.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS TRAS EL TAMIZADO DE LA BASE DE DATOS:

Tras realizar el tamizado de la base de datos con los ensayos a analizar obtenemos 21.935 muestras, que según su tipificación se clasifican en los siguientes tipos de consistencia:

TIPO DE CONSISTENCIA	Nº MUESTRAS	%
Plástica	376	1,71%
Blanda	17.230	78,55%
Fluida	3.009	13,72%
Líquida	1.320	6,02%
TOTAL	21.935	100,00%

Tabla 8: Número de muestras según consistencia.

En la EHE en el artículo 31.5 se establecen los valores límite del asentamiento del cono, siendo los siguientes:

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

Figura 6: Asentamiento según tipo de consistencia; Fuente: EHE

Criterio 1: Cumplimiento valor especificado

Siguiendo el criterio marcado, podemos concluir que del total de las muestras ensayadas cumplen el valor límite establecido 20.302 muestras representando un 92,56% del total de muestras ensayadas.

TIPO	Nº MUESTRAS	LÍMITE EHE	
		CUMPLEN	%
Plástica	376	285	75,8%
Blanda	17.230	16.438	95,4%
Fluida	3.009	2.391	79,5%
Líquida	1.320	1.188	90,0%
TOTAL	21.935	20.302	92,6%

Tabla 9: Muestras que cumplen el límite establecido en la EHE.

Criterio 2: Cumplimiento valor especificado con tolerancia

En el artículo 86.5.2.1 de la EHE se establecen unos valores de tolerancias para las especificaciones establecidas en el artículo 31.5.

Tabla 86.5.2.1 Tolerancias para la consistencia del hormigón

Consistencia definida por su tipo		
Tipo de consistencia	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Seca	0	0 - 2
Plástica	±1	2 - 6
Blanda	±1	5 - 10
Fluida	±2	8 - 17
Líquida	±2	14 - 22
Consistencia definida por su asiento		
Asiento en cm	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Entre 0 - 2	±1	A±1
Entre 3 - 7	±2	A±2
Entre 8 - 12	±3	A±3
Entre 13 - 18	±3	A±3

Figura 7: Tolerancias para la consistencia; Fuente: EHE

Al analizar los resultados de las 21.935 muestras y valorarlas respecto a los valores indicados en la EHE considerando las tolerancias, obtenemos que del total de las muestras, 21.460 cumplen las especificaciones establecidas por la instrucción, representando un 97,83% del total de la población estudiada.

TIPO	Nº MUESTRAS	CUMPLEN		NO CUMPLEN	
		Nº	%	Nº	%
Plástica	376	343	91,22%	33	8,78%
Blanda	17.230	16.937	98,30%	293	1,70%
Fluida	3.009	2.875	95,55%	134	4,45%
Líquida	1.320	1.305	98,86%	15	1,14%
TOTAL	21.935	21.460	97,83%	475	2,17%

Tabla 10: Ensayos que cumplen consistencia según límites y tolerancias.

Criterio 3: Valor medio de asentamiento

Tras analizar globalmente los resultados obtenidos calculamos el valor medio de todos los resultados analizados clasificados por tipo de consistencia obteniendo los siguientes valores:

TIPO	VALOR MEDIO ASENTAMIENTO (cm.)
Plástico	4,73
Blando	7,69
Fluido	13,69
Líquido	18,47

Tabla 11: Asentamiento medio en el periodo analizado.

En el siguiente diagrama se puede ver por tipo de consistencia el valor medio comparado con los valores límite del asentamiento que establece la EHE.

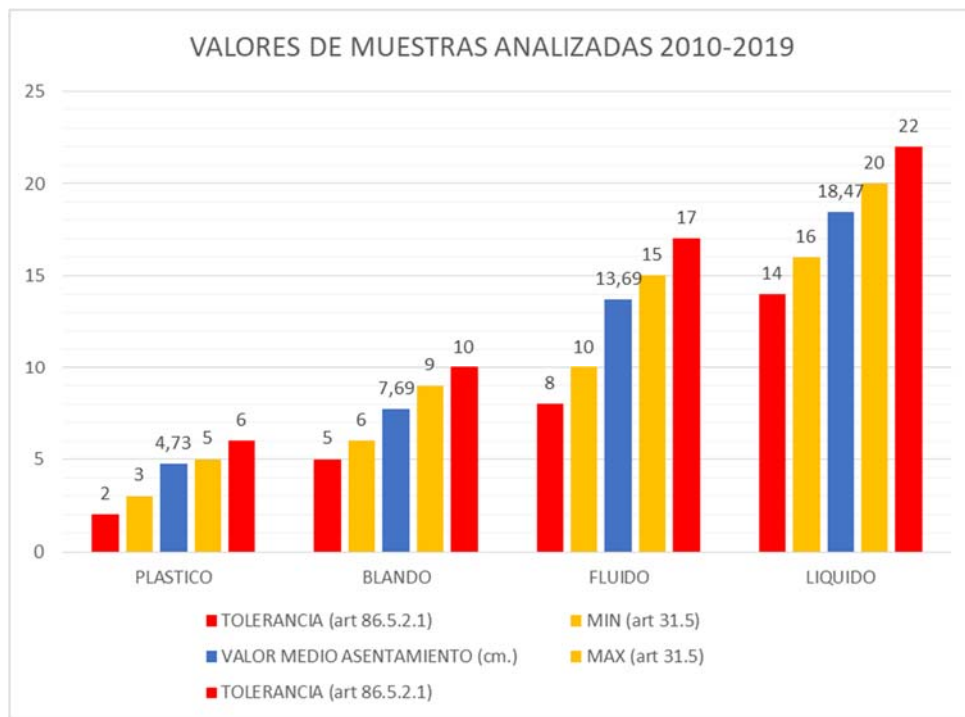


Gráfico 1: Valores promedios de las muestras en el periodo analizado.

Considerando todos los resultados de los ensayos realizados, sin diferenciar entre planta suministradora se obtienen los siguientes valores medios clasificados por año:

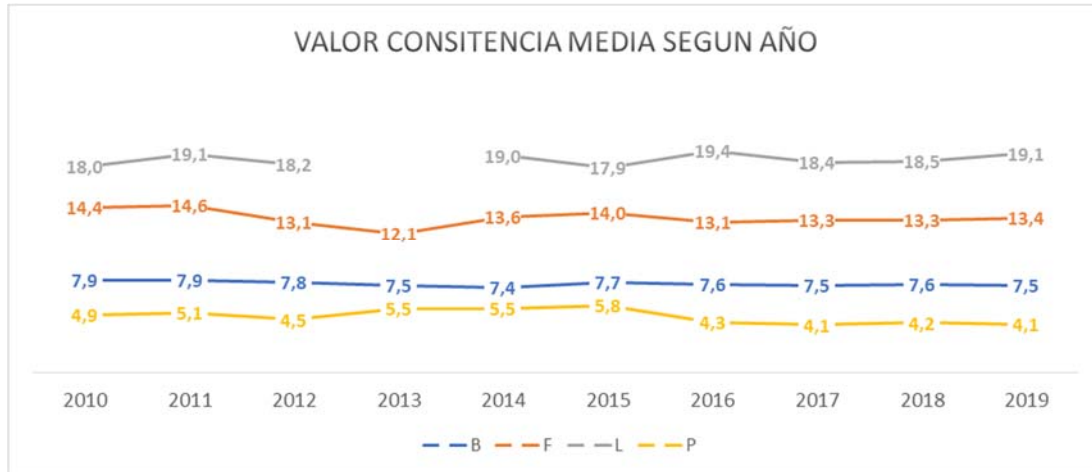


Gráfico 2: Evolución consistencia media durante el periodo analizado.

En esta gráfica se manifiesta que los valores medios anuales de todas las clases de consistencia cumplen las especificaciones indicadas en la EHE.

Para el análisis de resultados de consistencia por planta y año despreciamos las plantas que han realizado menos de 35 ensayos, reduciendo el número total de ensayos de 21.935 a 18.711.

Criterio 4: Tipo de hormigón, planta suministradora y año

Tras realizar una clasificación por tipo de consistencia, planta de suministro y año obtenemos el número de muestras ensayadas, los valores de asentamiento medio, la desviación, valor máximo, valor mínimo. Se incluye en la siguiente tabla toda esta información conjunta con el número de muestras que cumplen los criterios que establece la EHE:

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 8	Nº 8	Nº 9	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 27
AÑO	2010	2011	2010	2010	2011	2012	2017	2018	2019	2010
Nº MUESTRAS	540	128	40	153	279	156	36	64	94	58
ASENTAMIENTO MEDIO	8,34	7,57	7,84	7,65	7,98	7,37	7,39	7,15	7,13	9,51
DESVIACIÓN	1,83	0,93	1,00	0,95	1,21	0,94	0,90	0,74	0,85	3,29
VALOR MAX	15,00	10,00	10,00	10,00	16,00	10,00	9,00	9,00	9,00	16,00
VALOR MIN	3,00	3,50	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00
CUMPLE	466,00	127,00	40,00	149,00	275,00	156,00	36,00	64,00	94,00	39,00
% QUE CUMPLEN	86,30%	99,22%	100,00%	97,39%	98,57%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	67,24%
NO CUMPLEN	74,00	1,00	0,00	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 14	Nº 7	Nº 7
AÑO	2011	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2010	2011
Nº MUESTRAS	247	105	130	58	352	230	54	211	126	127
ASENTAMIENTO MEDIO	8,01	7,57	7,77	7,49	7,37	7,77	7,56	7,74	8,31	8,04
DESVIACIÓN	1,01	1,26	0,90	0,99	0,87	1,09	1,11	1,25	1,39	1,70
VALOR MAX	15,00	15,00	10,00	10,00	12,00	14,00	10,00	16,00	19,00	18,00
VALOR MIN	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
CUMPLE	246,00	103,00	130,00	58,00	350,00	228,00	54,00	208,00	124,00	123,00
% QUE CUMPLEN	99,60%	98,10%	100,00%	100,00%	99,43%	99,13%	100,00%	98,58%	98,41%	96,85%
NO CUMPLEN	1,00	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	3,00	2,00	4,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 7	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10
AÑO	2013	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nª MUESTRAS	66	71	298	117	110	61	73	189	249	604
ASENTAMIENTO MEDIO	7,80	7,40	7,93	7,58	7,44	7,51	7,74	7,52	7,52	7,52
DESVIACIÓN	0,74	1,14	1,68	1,26	0,67	0,65	1,28	0,74	0,93	0,82
VALOR MAX	9,00	9,00	17,00	17,50	10,00	9,00	17,00	10,00	16,00	10,00
VALOR MIN	6,00	3,80	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00
CUMPLE	66,00	66,00	283,00	116,00	110,00	61,00	72,00	188,00	248,00	604,00
% QUE CUMPLEN	100,00%	92,96%	94,97%	99,15%	100,00%	100,00%	98,63%	99,47%	99,60%	100,00%
NO CUMPLEN	0,00	5,00	15,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 10	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 21	Nº 11
AÑO	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2018	2018
Nª MUESTRAS	505	39	89	222	451	503	546	724	182	88
ASENTAMIENTO MEDIO	7,51	7,36	7,43	7,89	7,61	7,57	7,75	7,65	7,84	7,88
DESVIACIÓN	1,20	1,16	0,74	1,06	1,07	1,28	1,20	0,92	0,78	1,07
VALOR MAX	18,00	9,00	10,00	10,00	20,00	23,00	14,00	12,00	10,00	10,00
VALOR MIN	5,00	2,00	6,00	2,50	5,00	4,00	3,00	5,00	6,00	6,00
CUMPLE	501,00	38,00	89,00	221,00	449,00	497,00	538,00	723,00	182,00	88,00
% QUE CUMPLEN	99,21%	97,44%	100,00%	99,55%	99,56%	98,81%	98,53%	99,86%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	4,00	1,00	0,00	1,00	2,00	6,00	8,00	1,00	0,00	0,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 28	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 12	Nº 19	Nº 30
AÑO	2010	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2019	2014
Nª MUESTRAS	279	76	517	48	166	213	235	76	243	63
ASENTAMIENTO MEDIO	7,91	7,30	7,82	8,04	7,56	7,30	7,74	7,18	7,60	7,41
DESVIACIÓN	1,04	1,38	1,09	1,66	0,85	0,77	0,83	0,90	1,17	1,14
VALOR MAX	11,00	10,00	15,00	15,00	14,00	9,00	17,00	10,00	10,00	14,00
VALOR MIN	3,00	3,50	3,50	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00
CUMPLE	274,00	71,00	505,00	46,00	164,00	213,00	234,00	76,00	243,00	62,00
% QUE CUMPLEN	98,21%	93,42%	97,68%	95,83%	98,80%	100,00%	99,57%	100,00%	100,00%	98,41%
NO CUMPLEN	5,00	5,00	12,00	2,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 30	Nº 30	Nº 24	Nº 24	Nº 26	Nº 26	Nº 26	Nº 26	Nº 6	Nº 6
AÑO	2015	2016	2011	2012	2015	2016	2017	2019	2010	2012
Nª MUESTRAS	38	38	57	77	58	472	47	35	185	37
ASENTAMIENTO MEDIO	7,49	7,58	7,81	7,95	7,80	7,52	7,30	7,91	7,77	8,04
DESVIACIÓN	0,64	1,59	0,93	0,92	1,72	0,85	1,04	0,95	1,14	1,10
VALOR MAX	9,00	15,00	10,00	10,00	19,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
VALOR MIN	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	4,00	5,00	3,80	6,00
CUMPLE	38,00	37,00	57,00	77,00	57,00	472,00	45,00	35,00	180,00	37,00
% QUE CUMPLEN	100,00%	97,37%	100,00%	100,00%	98,28%	100,00%	95,74%	100,00%	97,30%	100,00%
NO CUMPLEN	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	5,00	0,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 6	Nº 6	Nº 2	Nº 2	Nº 2	Nº 2	Nº 23	Nº 13	Nº 15	Nº 18
AÑO	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2019	2018	2010	2010
Nª MUESTRAS	65	38	322	76	110	38	205	75	128	458
ASENTAMIENTO MEDIO	7,55	7,84	7,80	8,26	8,24	7,66	7,41	7,47	8,23	7,73
DESVIACIÓN	1,12	1,03	0,80	1,35	1,40	0,75	0,91	1,75	1,40	0,96
VALOR MAX	12,00	10,00	10,00	14,00	14,00	9,00	9,00	20,00	14,00	10,00
VALOR MIN	4,00	5,00	6,00	6,00	4,50	6,00	5,00	4,00	6,00	1,00
CUMPLE	63,00	38,00	322,00	73,00	106,00	38,00	205,00	73,00	117,00	454,00
% QUE CUMPLEN	96,92%	100,00%	100,00%	96,05%	96,36%	100,00%	100,00%	97,33%	91,41%	99,13%
NO CUMPLEN	2,00	0,00	0,00	3,00	4,00	0,00	0,00	2,00	11,00	4,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 29	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 31
AÑO	2011	2011	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2011
Nª MUESTRAS	43	291	49	44	212	109	547	780	285	47
ASENTAMIENTO MEDIO	8,09	8,11	8,35	7,67	7,63	7,83	7,54	7,62	7,44	7,81
DESVIACIÓN	1,00	1,16	2,19	1,64	0,90	1,68	1,13	0,90	1,43	0,95
VALOR MAX	13,00	22,00	17,00	17,50	10,00	16,00	18,00	13,00	24,00	9,50
VALOR MIN	7,00	6,00	5,00	6,00	5,00	3,50	4,00	5,00	3,00	6,00
CUMPLE	42,00	290,00	44,00	43,00	212,00	103,00	539,00	778,00	280,00	47,00
% QUE CUMPLEN	97,67%	99,66%	89,80%	97,73%	100,00%	94,50%	98,54%	99,74%	98,25%	100,00%
NO CUMPLEN	1,00	1,00	5,00	1,00	0,00	6,00	8,00	2,00	5,00	0,00

CONSISTENCIA	B	B	B	B	B	B
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 31	Nº 25	Nº 25	Nº 16	Nº 32	Nº 32
AÑO	2016	2016	2017	2013	2014	2015
Nª MUESTRAS	36	122	119	42	38	37
ASENTAMIENTO MEDIO	7,44	8,02	7,45	7,50	6,76	7,68
DESVIACIÓN	0,77	2,02	2,23	0,97	0,85	0,78
VALOR MAX	9,00	16,00	17,00	10,00	8,00	10,00
VALOR MIN	6,00	5,00	3,00	6,00	5,00	7,00
CUMPLE	36,00	115,00	109,00	42,00	38,00	37,00
% QUE CUMPLEN	100,00%	94,26%	91,60%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0,00	7,00	10,00	0,00	0,00	0,00

CONSISTENCIA	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 1	Nº 1	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 7	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10
AÑO	2010	2011	2010	2012	2013	2013	2011	2017	2018	2019
Nª MUESTRAS	49	38	170	36	43	39	113	124	87	96
ASENTAMIENTO MEDIO	14,50	14,58	15,27	13,61	12,07	12,51	13,96	14,29	13,69	14,05
DESVIACIÓN	1,46	2,16	2,21	1,76	2,15	2,27	2,16	1,54	1,65	1,71
VALOR MAX	17,50	17,00	19,00	18,00	16,00	17,00	19,00	19,00	19,00	19,00
VALOR MIN	11,00	7,00	6,00	10,00	8,00	7,00	9,00	9,00	4,00	10,00
CUMPLE	48,00	36,00	148,00	35,00	43,00	38,00	112,00	123,00	84,00	94,00
% QUE CUMPLEN	97,96%	94,74%	87,06%	97,22%	100,00%	97,44%	99,12%	99,19%	96,55%	97,92%
NO CUMPLEN	1,00	2,00	22,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	3,00	2,00

CONSISTENCIA	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 30	Nº 26	Nº 17	Nº 6	Nº 2	Nº 22	Nº 15
AÑO	2016	2017	2018	2014	2016	2012	2010	2011	2011	2010
Nª MUESTRAS	47	140	81	36	80	81	47	171	219	39
ASENTAMIENTO MEDIO	12,91	13,28	13,43	13,47	13,03	12,40	11,97	15,49	14,09	14,35
DESVIACIÓN	1,28	1,47	1,39	1,28	1,29	1,98	2,25	1,38	1,99	2,79
VALOR MAX	15,00	18,00	16,00	16,00	16,00	19,00	16,00	19,00	22,00	20,00
VALOR MIN	8,00	8,00	10,00	10,00	9,00	8,00	6,00	8,00	7,00	9,50
CUMPLE	47,00	139,00	81,00	36,00	80,00	80,00	45,00	163,00	215,00	33,00
% QUE CUMPLEN	100,00%	99,29%	100,00%	100,00%	100,00%	98,77%	95,74%	95,32%	98,17%	84,62%
NO CUMPLEN	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	8,00	4,00	6,00

CONSISTENCIA	F	F	F
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 4	Nº 4	Nº 4
AÑO	2015	2017	2018
Nª MUESTRAS	49	253	57
ASENTAMIENTO MEDIO	14,18	12,86	13,02
DESVIACIÓN	1,95	1,86	1,72
VALOR MAX	20,00	21,00	16,00
VALOR MIN	8,00	9,00	6,00
CUMPLE	48,00	247,00	56,00
% QUE CUMPLEN	97,96%	97,63%	98,25%
NO CUMPLEN	1,00	6,00	1,00

CONSISTENCIA	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 20	Nº 3	Nº 26	Nº 2	Nº 22	Nº 4	Nº 5
AÑO	2011	2018	2019	2018	2015	2015	2011	2011	2017	2019
Nª MUESTRAS	66	52	75	48	213	214	86	47	129	35
ASENTAMIENTO MEDIO	18,58	18,71	18,87	17,46	17,56	17,97	19,53	19,19	18,09	20,29
DESVIACIÓN	1,16	1,16	1,30	1,70	1,32	1,19	1,27	0,92	1,48	0,67
VALOR MAX	21,00	21,00	21,00	21,00	20,50	23,00	23,00	22,00	29,00	22,00
VALOR MIN	16,00	14,00	16,00	15,00	8,00	16,00	17,00	17,00	14,00	19,00
Nº QUE CUMPLEN	66,00	52,00	75,00	48,00	212,00	213,00	83,00	47,00	128,00	35,00
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,53%	99,53%	96,51%	100,00%	99,22%	100,00%
NO CUMPLEN	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00	0,00	1,00	0,00

Tabla 12: Datos estadísticos por planta y año.

Criterio 5: Tipo de consistencia, planta suministradora y año

Además de estas tablas adjuntamos gráficos en los que se pueden apreciar los asentamientos medios por tipo de hormigón, planta suministradora, año y consistencia

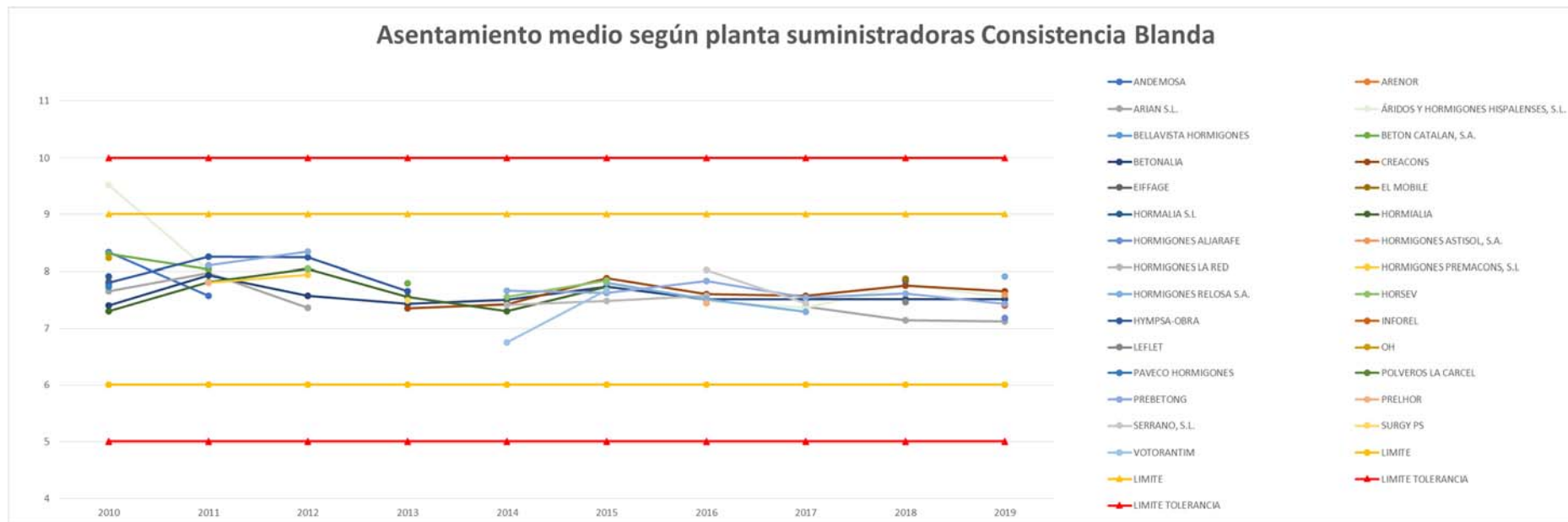


Gráfico 3 Evolución asentamiento medio por planta y año. Consistencia Blanda.

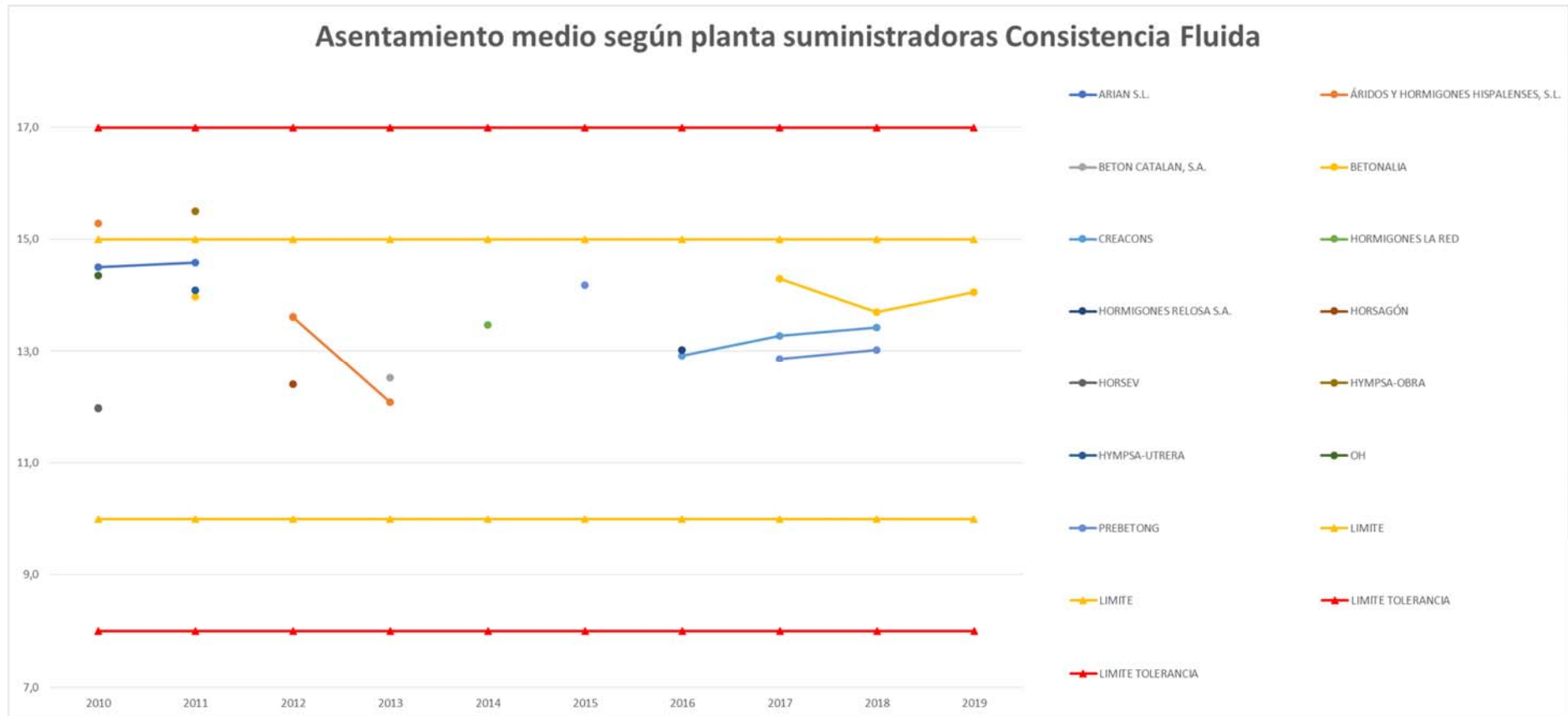


Gráfico 4: Evolución asentamiento medio por planta y año. Consistencia Fluida.

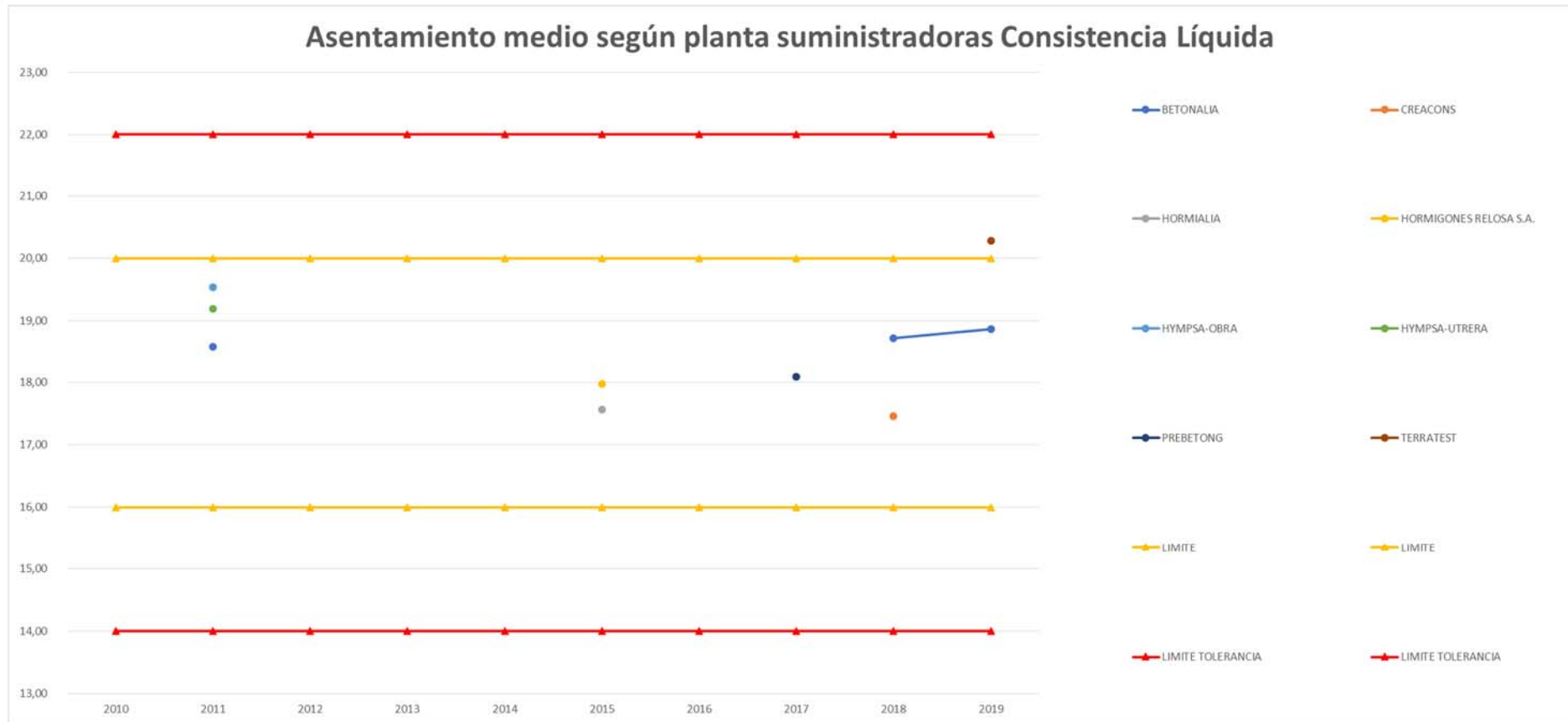


Gráfico 5: Evolución asentamiento medio por planta y año. Consistencia Líquida.

De los datos analizados obtenemos el número de muestras que cumplen las medidas de asentamiento límites establecidas por las EHE. En la siguiente tabla se muestra por planta de suministro el porcentaje de las muestras ensayadas que cumplen los valores establecidos.

Planta Suministradora	Nº muestras	% que cumplen
PLANTA SUMINISTRADORA 9	40	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 21	182	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 11	88	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 12	76	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 19	243	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 24	134	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 23	205	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 31	83	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 16	42	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 5	35	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 32	75	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 26	906	99,56%
PLANTA SUMINISTRADORA 20	2.890	99,31%
PLANTA SUMINISTRADORA 18	458	99,13%
PLANTA SUMINISTRADORA 30	175	98,86%
PLANTA SUMINISTRADORA 10	2.890	98,79%
PLANTA SUMINISTRADORA 17	81	98,77%
PLANTA SUMINISTRADORA 1	869	98,73%
PLANTA SUMINISTRADORA 4	2.805	98,68%
PLANTA SUMINISTRADORA 14	211	98,58%
PLANTA SUMINISTRADORA 22	266	98,50%
PLANTA SUMINISTRADORA 3	1.468	98,43%
PLANTA SUMINISTRADORA 28	279	98,21%
PLANTA SUMINISTRADORA 7	358	98,04%
PLANTA SUMINISTRADORA 2	803	97,76%
PLANTA SUMINISTRADORA 29	43	97,67%
PLANTA SUMINISTRADORA 6	372	97,58%
PLANTA SUMINISTRADORA 13	75	97,33%
PLANTA SUMINISTRADORA 27	1.483	96,70%
PLANTA SUMINISTRADORA 25	241	92,95%
PLANTA SUMINISTRADORA 15	167	89,82%
PLANTA SUMINISTRADORA 8	668	88,77%

Tabla 13: Porcentajes de muestras que cumplen EHE, por plantas suministradoras.

7. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN A 28 DÍAS

7.1. METODOLOGÍA

Para el análisis de los resultados de los ensayos de resistencia mecánica del hormigón partimos de la misma base de datos con resultados de ensayos empleada para el estudio de la consistencia, tal y como se ha indicado con anterioridad, nos fundamentamos en una base de datos con resultados obtenidos desde 2.010 a 2019.

Igual que en el capítulo anterior, esta relación de resultados necesita un tratamiento de la información para filtrar y eliminar muestras que contaminan la población total, con valores provocan que los resultados obtenidos sean difusos y no sean representativos.

Primer filtro: Selección hormigón de central

Tal y como hicimos con el estudio de la consistencia, para el estudio de la resistencia a compresión del hormigón el primer paso a realizar con los datos es filtrar el número de muestras de hormigón suministradas por planta.

	NÚMERO	%
Nº total de muestras	23.250	100,00%
Muestras de hormigón de plantas suministradoras	22.838	98,23%
Muestras hormigón hecho en obra	412	1,77%

Tabla 14: Muestras de hormigón de plantas suministradoras.

Segundo filtro: Selección tipo resistencia y eliminación de muestras sin resultados

De las 22.838 muestras vamos a estudiar los ensayos de resistencia a compresión a 28 días realizados a Hormigones con la resistencia especificada de HA-25, HA-30, HA-35, HA-45 y HA-50, además de filtrar las muestras de hormigón por las que cumpla esta característica resistente eliminamos la muestras que no tienen resultado de rotura a compresión a 28 días, lo cual hace que el número de muestras a analizar sea 20.532 que suponen un 89,90 % de las muestras del hormigón suministrado por planta.

TIPO HORMIGÓN	Nº MUESTRAS	% DEL TOTAL
HA-25	12.253	59,68%
HA-30	7.388	35,98%
HA-35	733	3,57%
HA-40	2	0,01%
HA-45	4	0,02%
HA-50	152	0,74%
Total general	20.532	100,00%

Tabla 15: Nº de Muestras de Hormigones de los que se estudian la resistencia mecánica a compresión.

7.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS TRAS EL TAMIZADO DE LA BASE DE DATOS:

Tras la depuración de los datos extraídos del software HCLAB, se ha analizado los resultados de los ensayos realizados a las muestras de hormigón a rotura a compresión a 28 días, obteniendo un valor medio por cada tipo de hormigón, de los que podemos observar que como mínimo la resistencia obtenida del ensayo es superior a un 15,46% de la resistencia característica.

Criterio 1: Cumplimiento valor de resistencia característica

Tras el análisis de los datos ofrecidos por el análisis podemos indicar que de las 20.532 muestras ensayadas, cumplen el valor de la resistencia característica 20.431 muestras, representando un 99,1 % del total de muestras ensayadas.

TIPO HORMIGÓN	Nº MUESTRAS	CUMPLEN		NO CUMPLEN	
		Nº	%	Nº	%
HA-25	12.253	12207	99,62%	46	0,38%
HA-30	7.388	7336	99,30%	52	0,71%
HA-35	733	730	99,59%	3	0,41%
HA-40	2	2	100,00%	0	0,00%
HA-45	4	4	100,00%	0	0,00%
HA-50	152	152	100,00%	0	0,00%
TOTAL	20.532	20.431	99,51%	101	0,49%

Tabla 16: Muestras que cumplen Resistencia característica.

Criterio 2: Valor medio y valor especificado

En la siguiente tabla se puede observar que los valores medios y el incremento experimentado en la resistencia a compresión respecto al valor de referencia, de las muestras ensayadas en el periodo analizado 2.010 – 2.019.

TIPO HORMIGÓN	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	PROMEDIO 28 DÍAS N/mm ²	Δ FRENTE A LA RES. CARACTERÍSTICA
HA-25	25	29,6	18,51%
HA-30	30	35,8	19,42%
HA-35	35	40,4	15,46%
HA-40	40	53,3	33,13%
HA-45	45	55,2	22,56%
HA-50	50	61,5	23,09%

Tabla 17: Resistencias medias según tipo de hormigón.

De los datos analizados obtenemos los valores medios de la resistencia a compresión a 28 días expresados en N/mm² de cada año, esta información queda reflejada en el siguiente gráfico:

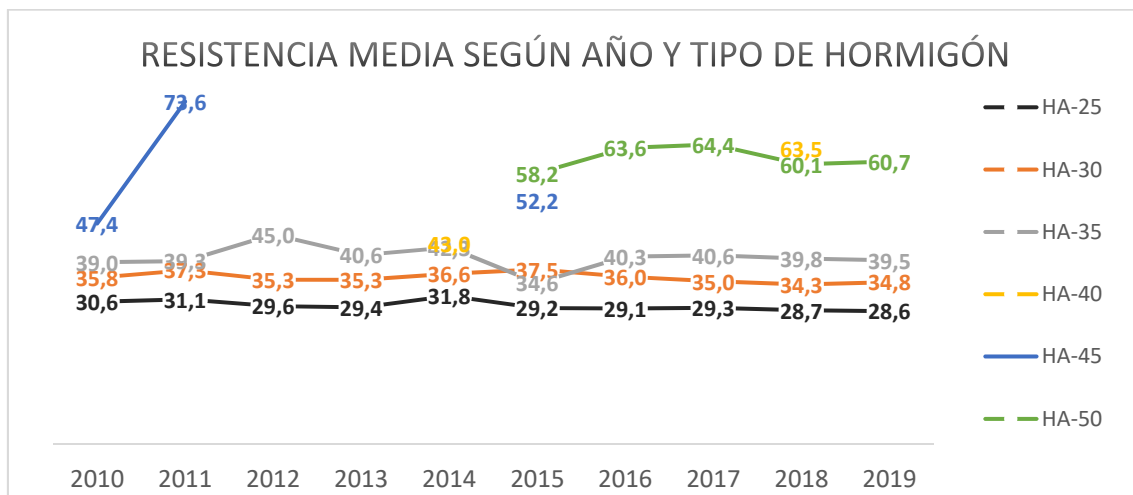


Gráfico 6: Resistencia media según año y tipo de hormigón.

Criterio 3: Evolución de resistencia 7 a 28 días

En la información extraída del programa HCLAB también disponemos de los datos de las roturas a compresión de probetas a 7 días, pudiendo de esta manera comprobar la resistencia que adquieren las probetas a 7 días y compararlas con la adquirida a 28 días.

TIPO HORMIGÓN	7 DÍAS N/mm ²	28 DÍAS N/mm ²	% Resistencia a 7 días
HA-25	23,8	29,6	80,3%
HA-30	29,3	35,8	81,7%
HA-35	33,1	40,5	81,7%
HA-40	42,7	53,3	80,2%
HA-45	40,9	49,0	83,5%
HA-50	51,1	61,5	83,0%

Tabla 18: Resultados medios de ensayos de resistencia a compresión a 7 y 28 días

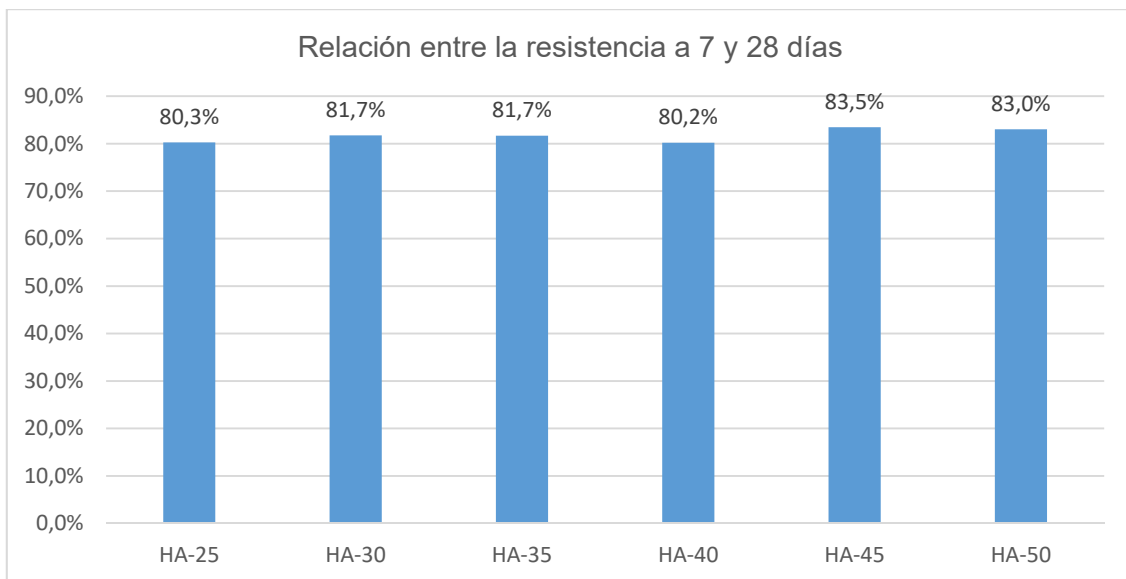


Tabla 19: Relación entre resistencia a 7 y 28 días

En la anterior tabla podemos ver la resistencia alcanzada por el hormigón a los 7 días, comprobando que aproximadamente adquieren el 80 % de la resistencia adquirida a los 28 días.

Investigando sobre la evolución de la resistencia a compresión a distintos días ensayo, en la EHE-99, en la tabla 30.4.b proporciona unos valores estimativos de la resistencia a compresión a la edad de "j" días en relación

con la resistencia a 28 días, distinguiendo entre hormigones de endurecimiento normal y rápido.

TABLA 30.4.b

Resistencia a compresión sobre probetas del mismo tipo

Edad del hormigón, en días	3	7	28	90	360
Hormigones de endurecimiento normal (1)	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Hormigones de endurecimiento rápido (1)	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

(1) Véase la definición de hormigón de endurecimiento rápido, o de endurecimiento normal, en 30.3.

Tabla 20: Resistencia a compresión sobre probetas del mismo tipo; Fuente: EHE-99.

Según esta instrucción los valores indicados para rotura a compresión a 7 días son el 65-75% del valor de la rotura a 28 días, como podemos comprobar en la tabla 17, los resultados obtenidos de rotura a compresión a 7 días son superiores al 80% de la rotura a 28 días, superando los valores indicados en la tabla 30.4.b de la EHE-99.

Criterio 4: Valor medio, desviación, máximo y mínimo

En la siguiente tabla mostramos un resumen estadístico de las muestras de hormigón ensayadas clasificadas por tipo de hormigón:

TIPO HORMIGÓN	Nº MUESTRAS	RESISTENCIA MEDIA	DESVIACIÓN	VALOR MÁX.	VALOR MÍN.
HA-25	12.253	29,6	2,8	49,5	4,5
HA-30	7.388	35,8	3,1	75,5	19,8
HA-35	733	40,4	3,2	61	3,8
HA-40	2	53,3	14,5	63,5	43
HA-45	4	55,2	12,5	73,6	47
HA-50	152	61,5	5,1	78,4	51,8
Total	20.532				

Tabla 21: Datos estadísticos por tipología de Hormigón

Para el análisis de resultados de resistencia a compresión por planta y año despreciamos las plantas que han realizado menos de 35 ensayos, reduciendo el número total de ensayos de 20.532 a 17.695.

Criterio 5: Tipo de hormigón, planta suministradora y año

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos del análisis de los resultados de las muestras ordenados por Tipo de hormigón, Planta Suministradora y año, se ofrece la información del valor medio de la resistencia a compresión a 28 días, valor de la desviación, valor máximo y mínimo, número de muestras ensayadas y nº de muestras que cumplen la resistencia característica del hormigón:

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 8	Nº 8	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 27	Nº 27
AÑO	2010	2011	2010	2011	2012	2017	2018	2019	2010	2011
Nº MUESTRAS	150	121	149	220	88	44	61	94	202	242
RESISTENCIA MEDIA	29,5	31,6	29,3	27,8	28,6	28,7	28,9	28,5	31,4	30,7
DESVIACIÓN	2,55	2,69	2,57	2,25	2,23	1,08	0,99	0,80	2,48	2,50
VALOR MÁXIMO	42,2	39,1	37,5	37,2	34,4	30,9	33,4	30,1	38,4	38,5
VALOR MÍNIMO	26,5	26,1	26,1	19,3	21,2	26,6	26,6	26,1	25,6	25,5
CUMPLEN	150	121	149	218	87	44	61	94	202	242
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	99,09%	98,86%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 27	Nº 14	Nº 7	Nº 7
AÑO	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2010	2011
Nº MUESTRAS	50	146	137	41	234	72	38	123	153	140
RESISTENCIA MEDIA	30,0	30,0	29,8	30,8	28,7	29,0	29,2	33,4	28,9	31,6
DESVIACIÓN	2,89	3,00	1,88	3,06	1,42	1,33	2,82	3,20	2,32	3,86
VALOR MÁXIMO	44,2	42,1	35,6	38,3	31,7	32,4	41,5	40,2	37,1	40,7
VALOR MÍNIMO	23,7	20,6	25,9	25,8	25,5	25,8	25,3	26,2	25,6	25,7
CUMPLEN	49	144	137	41	234	72	38	123	153	140
% QUE CUMPLEN	98,00%	98,63%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 7	Nº 7	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10	Nº 10
AÑO	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Nº MUESTRAS	54	104	54	321	120	92	60	68	134	105
RESISTENCIA MEDIA	28,7	28,1	39,2	32,8	31,3	30,1	30,9	31,4	29,5	30,3
DESVIACIÓN	2,95	2,42	2,86	4,05	2,69	1,75	2,25	2,19	1,46	1,99
VALOR MÁXIMO	36,6	34	47	45,4	41,9	35,5	36,8	36,5	35,1	36,6
VALOR MÍNIMO	23,2	18,2	31,6	23,1	26,1	26	26,5	26,8	26,4	26,3
CUMPLEN	53	102	54	320	120	92	60	68	134	105
% QUE CUMPLEN	98,15%	98,08%	100,00%	99,69%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 10	Nº 10	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 3	Nº 12
AÑO	2018	2019	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2019
Nº MUESTRAS	603	437	37	138	301	227	387	541	64	48
RESISTENCIA MEDIA	29,4	28,8	29,5	28,8	29,0	29,7	28,3	28,6	30,4	28,7
DESVIACIÓN	1,45	0,95	2,02	1,45	2,02	2,18	1,59	0,81	2,57	1,14
VALOR MÁXIMO	34,4	35,1	33,3	33,2	34,8	37	37,4	33,3	36,3	33,8
VALOR MÍNIMO	14,7	25,8	25,1	25,3	4,5	25	11,2	18,8	26,3	26
CUMPLEN	601	437	37	138	300	227	386	540	64	48
% QUE CUMPLEN	99,67%	100,00%	100,00%	100,00%	99,67%	100,00%	99,74%	99,82%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 19	Nº 30	Nº 30	Nº 30	Nº 24	Nº 24	Nº 26	Nº 17	Nº 6	Nº 6
AÑO	2019	2014	2015	2016	2011	2012	2015	2012	2010	2011
Nº MUESTRAS	236	101	43	38	57	38	251	68	72	40
RESISTENCIA MEDIA	28,3	28,3	28,6	28,3	28,1	28,1	28,5	31,4	31,2	36,3
DESVIACIÓN	0,98	2,38	2,45	1,22	2,19	2,91	1,43	1,77	3,11	3,52
VALOR MÁXIMO	30	34,6	34,7	30,6	33,2	36	34,4	36,9	37,7	42,5
VALOR MÍNIMO	25,2	23,4	21,6	26,1	23,4	25,2	25,6	27,4	26,6	28,3
CUMPLEN	236	99	42	38	55	38	251	68	72	40
% QUE CUMPLEN	100,00%	98,02%	97,67%	100,00%	96,49%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 6	Nº 6	Nº 6	Nº 2	Nº 2	Nº 2	Nº 2	Nº 22	Nº 23	Nº 13
AÑO	2012	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2011	2019	2017
Nº MUESTRAS	37	65	39	66	200	53	48	201	195	36
RESISTENCIA MEDIA	29,9	40,3	31,8	30,4	35,2	28,3	30,2	30,7	28,3	29,2
DESVIACIÓN	1,99	3,72	2,21	2,16	3,80	1,26	2,08	2,71	0,92	2,12
VALOR MÁXIMO	33,3	48,3	36,1	34,2	42,8	33,3	35,5	38,1	29,7	34,1
VALOR MÍNIMO	25,5	32,2	28,2	26,7	25,1	25,5	25,4	26,5	25,5	26
CUMPLEN	37	65	39	66	200	53	48	201	195	36
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 13	Nº 15	Nº 18	Nº 29	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4
AÑO	2018	2010	2010	2011	2011	2014	2015	2017	2018	2019
Nº MUESTRAS	98	70	457	43	154	63	120	443	704	156
RESISTENCIA MEDIA	28,2	27,9	30,4	28,1	29,8	33,5	29,2	29,4	28,6	28,6
DESVIACIÓN	1,65	1,67	2,05	1,73	2,54	3,29	2,48	1,38	1,17	0,84
VALOR MÁXIMO	34	33,1	40,1	33,4	36,8	42,7	37,7	35,1	33,7	33,9
VALOR MÍNIMO	25,2	26,1	25,9	25,2	25,6	27,8	20,6	25,8	25,6	25,8
CUMPLEN	98	70	457	43	154	63	116	443	704	156
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	96,67%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25	HA-25
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 31	Nº 31	Nº 25	Nº 25	Nº 16
AÑO	2011	2016	2016	2017	2013
Nº MUESTRAS	39	35	48	82	42
RESISTENCIA MEDIA	29,5	28,8	29,6	29,7	28,9
DESVIACIÓN	2,57	1,38	1,19	1,38	2,49
VALOR MÁXIMO	34,3	31,7	33	32,5	35,5
VALOR MÍNIMO	25,2	26	27	25,8	25,1
CUMPLEN	39	35	48	82	42
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 8	Nº 1	Nº 1	Nº 1	Nº 27	Nº 27	Nº 14	Nº 10	Nº 10	Nº 10
AÑO	2010	2010	2011	2012	2017	2018	2010	2011	2016	2017
Nº MUESTRAS	317	59	97	68	113	122	96	164	69	283
RESISTENCIA MEDIA	35,3	33,0	31,3	32,6	34,1	33,7	37,6	37,5	35,4	35,3
DESVIACIÓN	2,41	1,74	2,42	3,13	2,00	1,44	1,91	3,25	1,30	1,77
VALOR MÁXIMO	44,5	41,7	37,7	43,5	40,4	38,5	40,8	45,5	39,3	42,1
VALOR MÍNIMO	31,1	31	19,8	25,6	30,8	30,7	32,3	26,9	31,8	31,4
CUMPLEN	317	59	81	59	113	122	96	163	69	283
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	83,51%	86,76%	100,00%	100,00%	100,00%	99,39%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	16	9	0	0	0	1	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 10	Nº 10	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 20	Nº 21	Nº 11
AÑO	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2018	2018
Nº MUESTRAS	87	207	53	87	216	364	252	205	185	90
RESISTENCIA MEDIA	35,0	34,8	37,3	37,6	36,3	35,1	34,0	34,9	35,0	33,8
DESVIACIÓN	1,77	1,79	2,53	3,22	2,28	2,09	1,71	1,43	0,99	1,27
VALOR MÁXIMO	41,2	42,8	42,4	43,5	42,5	43,3	41,1	43,1	38	36,4
VALOR MÍNIMO	30,7	31,7	31	30,4	30	30,4	30,9	31,6	31,5	31
CUMPLEN	87	207	53	87	216	364	252	205	185	90
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 28	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 3	Nº 24	Nº 26	Nº 26	Nº 6
AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2014	2016	2010
Nº MUESTRAS	279	538	44	172	165	186	56	36	498	111
RESISTENCIA MEDIA	37,2	39,4	35,6	35,5	37,2	39,0	34,7	36,3	36,1	35,4
DESVIACIÓN	2,32	2,58	3,36	2,15	3,33	2,97	1,94	3,56	2,00	2,32
VALOR MÁXIMO	44,5	45,4	42	40,7	45,5	46,5	40,3	43,7	42,8	41,5
VALOR MÍNIMO	31,7	31,6	30,5	30,2	24,1	32,8	26	30,4	31	31,3
CUMPLEN	279	538	44	172	163	186	55	36	498	111
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	98,79%	100,00%	98,21%	100,00%	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30	HA-30
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 2	Nº 2	Nº 22	Nº 15	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4	Nº 4
AÑO	2010	2011	2011	2010	2011	2015	2016	2017	2018	2019
Nº MUESTRAS	241	117	112	104	149	142	42	101	110	93
RESISTENCIA MEDIA	35,1	38,9	35,0	33,2	34,0	36,6	36,1	34,7	34,3	35,9
DESVIACIÓN	1,90	3,97	2,63	1,50	2,56	3,33	3,00	1,31	1,57	3,24
VALOR MÁXIMO	40,2	47,3	40,3	37,8	45,7	43,9	45,6	39,5	39	53,3
VALOR MÍNIMO	32,2	30,6	30,6	25,3	30,6	28,9	31,6	32	30,8	28,7
CUMPLEN	241	117	112	103	149	140	42	101	110	90
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%	100,00%	99,04%	100,00%	98,59%	100,00%	100,00%	100,00%	96,77%
NO CUMPLEN	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3

TIPO HORMIGÓN	HA-35	HA-35
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 27	Nº 4
AÑO	2016	2017
Nº MUESTRAS	63	328
RESISTENCIA MEDIA	40,4	40,4
DESVIACIÓN	2,60	1,76
VALOR MÁXIMO	51,7	47
VALOR MÍNIMO	36,3	36,6
CUMPLEN	63	328
% QUE CUMPLEN	100,00%	100,00%
NO CUMPLEN	0	0

TIPO HORMIGÓN	HA-50
PLANTA SUMINISTRADORA	Nº 5
AÑO	2019
Nº MUESTRAS	36
RESISTENCIA MEDIA	61,6
DESVIACIÓN	4,88
VALOR MÁXIMO	78,4
VALOR MÍNIMO	53,5
CUMPLEN	36
% QUE CUMPLEN	100,00%
NO CUMPLEN	0

Tabla 22: Datos estadísticos por planta y año.

Como resumen incorporamos tabla clasificada por tipo de hormigón y planta suministradora en la que indicamos el número total de muestras ensayadas y el porcentaje de muestras que cumplen la resistencia característica del hormigón, obteniendo valores superiores a 95% en todas las muestras independientemente del tipo de hormigón y planta suministradora, salvo para el hormigón HA-35 suministrado por la planta suministradora 1, de la que se han ensayado 224 muestras obteniendo en un 88,84% de las muestras el cumplimiento de la resistencia característica.

TIPO DE HORMIGÓN	PLANTA SUMINISTRADORA	Nº MUESTRAS	% QUE CUMPLEN RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
HA-25	Planta suministradora 8	271	100,00%
HA-25	Planta suministradora 14	123	100,00%
HA-25	Planta suministradora 3	64	100,00%
HA-25	Planta suministradora 12	48	100,00%
HA-25	Planta suministradora 19	236	100,00%
HA-25	Planta suministradora 26	251	100,00%
HA-25	Planta suministradora 17	68	100,00%
HA-25	Planta suministradora 6	253	100,00%
HA-25	Planta suministradora 2	367	100,00%
HA-25	Planta suministradora 22	201	100,00%
HA-25	Planta suministradora 23	195	100,00%
HA-25	Planta suministradora 13	134	100,00%
HA-25	Planta suministradora 15	70	100,00%
HA-25	Planta suministradora 18	457	100,00%
HA-25	Planta suministradora 29	43	100,00%
HA-25	Planta suministradora 31	74	100,00%
HA-25	Planta suministradora 25	130	100,00%
HA-25	Planta suministradora 16	42	100,00%
HA-25	Planta suministradora 10	1994	99,85%
HA-25	Planta suministradora 20	1631	99,82%
HA-25	Planta suministradora 4	1640	99,76%
HA-25	Planta suministradora 27	1162	99,74%
HA-25	Planta suministradora 1	656	99,54%
HA-25	Planta suministradora 7	451	99,33%
HA-25	Planta suministradora 30	182	98,35%
HA-25	Planta suministradora 24	95	97,89%
HA-30	Planta suministradora 8	317	100,00%
HA-30	Planta suministradora 27	235	100,00%
HA-30	Planta suministradora 14	96	100,00%
HA-30	Planta suministradora 20	1177	100,00%
HA-30	Planta suministradora 21	185	100,00%
HA-30	Planta suministradora 11	90	100,00%
HA-30	Planta suministradora 28	279	100,00%
HA-30	Planta suministradora 26	534	100,00%

TIPO DE HORMIGÓN	PLANTA SUMINISTRADORA	Nº MUESTRAS	% QUE CUMPLEN RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
HA-30	Planta suministradora 6	111	100,00%
HA-30	Planta suministradora 2	358	100,00%
HA-30	Planta suministradora 22	112	100,00%
HA-30	Planta suministradora 10	810	99,88%
HA-30	Planta suministradora 3	1105	99,82%
HA-30	Planta suministradora 4	637	99,22%
HA-30	Planta suministradora 15	104	99,04%
HA-30	Planta suministradora 24	56	98,21%
HA-30	Planta suministradora 1	224	88,84%
HA-35	Planta suministradora 27	63	100,00%
HA-35	Planta suministradora 4	328	100,00%
HA-50	Planta suministradora 5	36	100,00%

Tabla 23: Porcentaje de muestras que cumplen EHE, por plantas suministradoras.

8. CONCLUSIONES

Al inicio de este trabajo nos habíamos marcado los siguientes objetivos:

- Estudio de la consistencia por planta y tipo de hormigón. Se analizan, según la consistencia definida en la designación, los resultados obtenidos, comparando la relación entre los valores obtenidos en el asentamiento y el tipo de consistencia que define al hormigón.
- Análisis de la resistencia a compresión a 28 días de las muestras de hormigón fresco, comparándolas según las plantas suministradoras y el tipo de hormigón. Se realiza un estudio de los resultados de los ensayos de resistencia a compresión a 28 días, comparándolo con las plantas suministradoras.

En el transcurso de este estudio partiendo de la información exportada desde el software HCLAB con referencia a los resultados de ensayos realizados a muestras de hormigón fresco desde el 1 de enero de 2.010 y 31 de diciembre de 2.019, tras analizar y tratar estos datos mediante Microsoft Excel podemos decir que hemos cumplido los objetivos establecidos.

Sin entrar en el análisis de la valoración de los resultados de los ensayos de consistencia y resistencia a compresión a 28 días de las muestras de hormigón, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Del número total de muestras que componen nuestra base de datos inicial 23.250, el 98,23% corresponde a muestras tomadas de hormigón procedente de plantas de suministro. Estos valores manifiestan la alta tendencia que existe en las obras de construcción, de que el hormigón empleado proceda de una planta de suministro y no se elabore en la propia obra.
- Del total de muestras de hormigón fresco recepcionadas por el laboratorio se van a analizar los resultados de las muestras obtenidas de 32 plantas de suministro.

Tras el análisis de los datos ofrecidos en este trabajo podemos extraer las siguientes conclusiones específicas sobre los ensayos de consistencia y resistencia a compresión realizados a muestras de hormigón en el control de recepción.

8.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CONSISTENCIA:

a. MUESTRAS QUE CUMPLEN LOS VALORES DE CONSISTENCIA:

De los 21.935 resultados de ensayos de consistencia estudiados, podemos indicar que el 97,83% de las muestras cumplen los criterios establecidos en la EHE referentes a la consistencia. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de las muestras que cumplen según el tipo de consistencia.

TIPO	Nº MUESTRAS	CUMPLEN	NO CUMPLEN
Plástica	376	91,22%	8,78%
Blanda	17.230	98,30%	1,70%
Fluida	3.009	95,55%	4,45%
Líquida	1.320	98,86%	1,14%
TOTAL	21.935	97,83%	2,17%

Tabla 24: Porcentaje de muestras que cumplen los valores de consistencia.

b. VALORES MEDIOS DE ASENTAMIENTO EN EL PERIODO:

Tras el estudio de las muestras he obtenido los valores medios de asentamiento para cada tipo de consistencia, cumpliendo estos resultados los valores establecidos en la EHE. Se adjunta tabla con los valores medios obtenidos expresados en cm.

TIPO	VALOR MEDIO ASENTAMIENTO (cm.)
Plástica	4,73
Blanda	7,69
Fluida	13,69
Líquida	18,47

Tabla 25: Valores medios de asentamiento por tipo de consistencia.

c. Valores medios anuales de asentamiento:

Se han realizado una comparativa de los valores medios de asentamiento por año, obteniendo unos resultados similares a los valores medios del periodo.

d. Valores estadísticos:

El análisis de estos datos nos ha permitido un estudio detallado del asiento medio, desviación, valores máximos, valores mínimos y cumplimiento por planta de suministro, tipo de consistencia y año (ver tabla 12).

e. Muestras que cumplen según planta de suministro:

De los datos analizados obtenemos el número de muestras que cumplen las medidas de asentamiento límites establecidas por la EHE. En la siguiente tabla se muestra por plantas de suministro el porcentaje de las muestras ensayadas que cumplen los valores establecidos.

Planta Suministradora	Nº muestras	% que cumplen
PLANTA SUMINISTRADORA 9	40	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 21	182	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 11	88	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 12	76	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 19	243	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 24	134	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 23	205	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 31	83	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 16	42	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 5	35	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 32	75	100,00%
PLANTA SUMINISTRADORA 26	906	99,56%
PLANTA SUMINISTRADORA 20	2.890	99,31%
PLANTA SUMINISTRADORA 18	458	99,13%
PLANTA SUMINISTRADORA 30	175	98,86%
PLANTA SUMINISTRADORA 10	2.890	98,79%
PLANTA SUMINISTRADORA 17	81	98,77%
PLANTA SUMINISTRADORA 1	869	98,73%
PLANTA SUMINISTRADORA 4	2.805	98,68%
PLANTA SUMINISTRADORA 14	211	98,58%
PLANTA SUMINISTRADORA 22	266	98,50%
PLANTA SUMINISTRADORA 3	1.468	98,43%

Planta Suministradora	Nº muestras	% que cumplen
PLANTA SUMINISTRADORA 28	279	98,21%
PLANTA SUMINISTRADORA 7	358	98,04%
PLANTA SUMINISTRADORA 2	803	97,76%
PLANTA SUMINISTRADORA 29	43	97,67%
PLANTA SUMINISTRADORA 6	372	97,58%
PLANTA SUMINISTRADORA 13	75	97,33%
PLANTA SUMINISTRADORA 27	1.483	96,70%
PLANTA SUMINISTRADORA 25	241	92,95%
PLANTA SUMINISTRADORA 15	167	89,82%
PLANTA SUMINISTRADORA 8	668	88,77%

Tabla 26: Porcentaje de muestras que cumplen, clasificadas por plantas suministradoras.

Se adjunta tabla resumen con los datos promedios de asentamiento, desviación, y porcentaje de muestras que cumplen los valores estipulados en la instrucción EHE.

Consistencia	Planta Suministradora	Asiento medio	Desviación	% Muestras que cumplen
Blanda	Planta suministradora 8	8,19	1,72	87,35%
Blanda	Planta suministradora 9	7,84	1,00	100,00%
Blanda	Planta suministradora 1	7,60	1,07	98,97%
Blanda	Planta suministradora 27	7,75	1,29	97,85%
Blanda	Planta suministradora 14	7,74	1,25	98,56%
Blanda	Planta suministradora 7	8,09	1,43	98,08%
Blanda	Planta suministradora 10	7,57	1,11	98,76%
Blanda	Planta suministradora 20	7,66	1,10	99,26%
Blanda	Planta suministradora 21	7,84	0,78	100,00%
Blanda	Planta suministradora 11	7,88	1,07	100,00%
Blanda	Planta suministradora 28	7,91	1,04	98,18%
Blanda	Planta suministradora 3	7,66	1,04	98,22%
Blanda	Planta suministradora 12	7,18	0,90	100,00%
Blanda	Planta suministradora 19	7,60	1,17	100,00%
Blanda	Planta suministradora 30	7,48	1,17	98,54%
Blanda	Planta suministradora 24	7,89	0,92	100,00%
Blanda	Planta suministradora 26	7,55	1,00	99,51%
Blanda	Planta suministradora 6	7,77	1,12	97,80%
Blanda	Planta suministradora 2	7,95	1,05	98,70%
Blanda	Planta suministradora 23	7,41	0,91	100,00%
Blanda	Planta suministradora 13	7,47	1,75	97,26%
Blanda	Planta suministradora 15	8,23	1,40	90,60%
Blanda	Planta suministradora 18	7,73	0,96	99,12%
Blanda	Planta suministradora 29	8,09	1,00	97,62%
Blanda	Planta suministradora 4	7,67	1,18	98,78%

Consistencia	Planta Suministradora	Asiento medio	Desviación	% Muestras que cumplen
Blanda	Planta suministradora 31	7,65	0,89	100,00%
Blanda	Planta suministradora 25	7,74	2,15	92,41%
Blanda	Planta suministradora 16	7,50	0,97	100,00%
Blanda	Planta suministradora 32	7,21	0,93	100,00%
Fluida	Planta suministradora 1	14,53	1,79	96,43%
Fluida	Planta suministradora 27	14,48	2,47	89,82%
Fluida	Planta suministradora 7	12,51	2,27	97,37%
Fluida	Planta suministradora 10	14,02	1,79	98,31%
Fluida	Planta suministradora 20	13,26	1,42	99,63%
Fluida	Planta suministradora 30	13,47	1,28	100,00%
Fluida	Planta suministradora 26	13,03	1,29	100,00%
Fluida	Planta suministradora 17	12,40	1,98	98,75%
Fluida	Planta suministradora 6	11,97	2,25	95,56%
Fluida	Planta suministradora 2	15,49	1,38	95,09%
Fluida	Planta suministradora 22	14,09	1,99	98,14%
Fluida	Planta suministradora 15	14,35	2,79	81,82%
Fluida	Planta suministradora 4	13,07	1,90	97,72%
Líquida	Planta suministradora 10	18,73	1,22	100,00%
Líquida	Planta suministradora 20	17,46	1,70	100,00%
Líquida	Planta suministradora 3	17,56	1,32	99,53%
Líquida	Planta suministradora 26	17,97	1,19	99,53%
Líquida	Planta suministradora 2	19,53	1,27	96,39%
Líquida	Planta suministradora 22	19,19	0,92	100,00%
Líquida	Planta suministradora 4	18,09	1,48	99,22%
Líquida	Planta suministradora 5	20,29	0,67	100,00%

Tabla 27: Valores medios de asentamiento, desviación y porcentaje de cumplimiento de las Plantas Suministradoras.

8.2. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN:

a. Muestras que cumplen los valores de la resistencia característica:

De los 20.532 resultados de ensayos de resistencia a compresión a 28 días estudiados, podemos indicar que el 99,51% de las muestras cumplen los valores de la resistencia característica establecidos en la EHE. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de las muestras que cumplen según el tipo de resistencia.

TIPO HORMIGÓN	Nº MUESTRAS	CUMPLEN	NO CUMPLEN
HA-25	12.253	99,62%	0,38%
HA-30	7.388	99,30%	0,71%
HA-35	733	99,59%	0,41%
HA-40	2	100,00%	0,00%
HA-45	4	100,00%	0,00%
HA-50	152	100,00%	0,00%
TOTAL	20.532	99,51%	0,49%

Tabla 28: Porcentaje de muestras que cumplen los valores de la resistencia característica.

b. Evolución de resistencias a compresión 7 a 28 días:

Tras analizar los resultados de las muestras a las que se han realizado ensayos de roturas a compresión a 7 días y a 28 días, comprobamos que los resultados obtenidos en la rotura a 7 días son como mínimo el 80% de los valores de los resultados obtenidos a 28 días, siendo estos valores superiores a los indicados en la pabla 30.4.b de las Instrucción EHE de 1.999.

c. Valores medios, desviación, valor máximo y mínimo de los ensayos a resistencia a compresión a 28 días:

De los datos analizados concluimos que los valores medios de los resultados de los ensayos de resistencia a compresión a 28 días, son todos superiores a los valores de la resistencia característica de cada tipo de hormigón. A continuación expongo tabla con los valores concluyentes del análisis de los resultados estudiados:

TIPO HORMIGÓN	Nº MUESTRAS	RESISTENCIA MEDIA	DESVIACIÓN	VALOR MÁX.	VALOR MÍN.
HA-25	12.253	29,6	2,8	49,5	4,5
HA-30	7.388	35,8	3,1	75,5	19,8
HA-35	733	40,4	3,2	61	3,8
HA-40	2	53,3	14,5	63,5	43
HA-45	4	55,2	12,5	73,6	47
HA-50	152	61,5	5,1	78,4	51,8
Total	20.532				

Tabla 29: Datos estadísticos por tipología de Hormigón

d. Valores estadísticos:

El análisis de estos datos, nos ha permitido un estudio detallado del valor de resistencia media a 28 días, desviación, valores máximos, valores mínimos y cumplimiento por planta de suministro, tipo de resistencia característica y año (ver tabla 22).

e. Cumplimiento de las resistencias especificadas por plantas:

Sobre el cumplimiento de las resistencias especificadas, hay que destacar que clasificando por tipo de resistencia característica y plantas de suministros, se han analizado 46 plantas, con los siguientes resultados

- 32 plantas obtienen que todas sus muestras superan la resistencia especificada.
- 10 plantas obtienen un porcentaje de cumplimiento entre 99 y 100% de las muestras ensayadas.
- 2 plantas obtienen un porcentaje de cumplimiento de las muestras ensayadas entre 98 y 99%.
- 1 planta tiene un porcentaje de cumplimiento del 97,89% de las muestras ensayadas.
- 1 planta tiene un porcentaje de cumplimiento de 88,84% de las muestras ensayadas.

Nº DE PLANTAS	MUESTRAS CON RESULTADOS SUPERIOR A LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
32	100%
10	>99% y <100%
2	>98% y <99%
1	97,89%
1	88,84%

Tabla 30: Número de plantas de suministro según porcentajes de cumplimiento.

Se adjunta tabla resumen con los datos promedios de roturas a compresión de probetas de hormigón a 28 días, desviación, y porcentaje de muestras que cumplen los valores estipulados en la instrucción EHE.

TIPO HORMIGÓN	PLANTA SUMINISTRADORA	RESISTENCIA MEDIA N/mm ²	DESVIACIÓN	% MUESTRAS QUE CUMPLEN
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 8	30,4	2,82	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 14	33,4	3,20	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 3	30,4	2,57	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 12	28,7	1,14	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 19	28,3	0,98	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 26	28,5	1,43	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 17	31,4	1,77	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 6	34,2	5,10	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 2	32,7	4,15	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 22	30,7	2,71	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 23	28,3	0,92	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 13	28,5	1,83	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 15	27,9	1,67	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 18	30,4	2,05	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 29	28,1	1,73	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 31	29,2	2,11	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 25	29,7	1,31	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 16	28,9	2,49	100,00 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 10	30,4	3,00	99,85 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 20	28,8	1,64	99,82 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 4	29,2	1,90	99,76 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 27	30,0	2,50	99,74 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 1	28,5	2,11	99,54 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 7	29,5	3,30	99,33 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 30	28,4	2,20	98,35 %
HA-25	PLANTA SUMINISTRADORA 24	28,1	2,49	97,89 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 8	35,3	2,41	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 27	33,9	1,74	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 14	37,6	1,91	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 20	35,3	2,34	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 21	35,0	0,99	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 11	33,8	1,27	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 28	37,2	2,32	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 26	36,1	2,13	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 6	35,4	2,32	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 2	36,4	3,26	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 22	35,0	2,63	100,00 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 10	35,6	2,34	99,88 %

TIPO HORMIGÓN	PLANTA SUMINISTRADORA	RESISTENCIA MEDIA N/mm ²	DESVIACIÓN	% MUESTRAS QUE CUMPLEN
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 3	38,2	3,14	99,82 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 4	35,2	2,81	99,22 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 15	33,2	1,50	99,04 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 24	34,7	1,94	98,21 %
HA-30	PLANTA SUMINISTRADORA 1	32,1	2,62	88,84 %
HA-35	PLANTA SUMINISTRADORA 27	40,4	2,60	100,00 %
HA-35	PLANTA SUMINISTRADORA 4	40,4	1,76	100,00 %
HA-50	PLANTA SUMINISTRADORA 5	61,6	4,88	100,00 %

Tabla 31: Valores medios de rotura a compresión a 28 días, desviación y porcentaje de cumplimiento de las Plantas Suministradoras.

8.3. NUEVAS LÍNEAS DE TRABAJO:

Partiendo de una base de datos como la que hemos utilizado, se pueden estudiar aspectos interesantes del hormigón, ya que tienen una gran importancia en aspectos económicos, de utilización y respecto a las prestaciones del hormigón. Algunas de estas posibles nuevas líneas de trabajo son:

- Estudio del control de la consistencia y la relación agua/cemento.
- Estudio del control de la resistencia a compresión a 28 días y la relación agua/cemento.
- Estudio del control de la resistencia a compresión y el tipo de cemento empleado.
- Estudio del control de la resistencia a compresión y los aditivos empleados.

BIBLIOGRAFÍA

- Fomento, M. (2008). Instrucción de hormigón estructural EHE-08. *Fomento, Madrid, España.*
- Fomento, M. (1999). Instrucción de hormigón estructural EHE-99. *Fomento, Madrid, España.*
- AENOR.CEN (2009). UNE-EN 12350-1:2009. Ensayos de hormigón fresco. Parte1. Toma de muestras. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
- AENOR.CEN (2006). UNE-EN 12350-2:2009. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
- AENOR.CEN (2009). UNE-EN 12390-2:2009. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
- AENOR.CEN (2020). UNE-EN 12390-3:2020. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
- Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio, Secretaría General Técnica (2019). Manual de control de calidad de los ensayos de hormigón. Junta de Andalucía: Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio.
- Moreno Almansa, E., & FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. (1999). Un método para la determinación analítica de la distribución de probabilidad de los estimadores de la EHE. *Hormigón y Acero*, (214).
- Redón Santafé, M., Gozávez, F., & Javier, J. (2016). Curso de hormigón armado (según EHE-08). Guía de estudio.
- González Rodríguez, D. M. (2017). Elaboración de Guías de Ensayo Para Hormigón Fresco En Laboratorio (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2017).
- Troyano Moreno, M. (2019). Propiedades del hormigón. Estructuras de Hormigón.
- Consuegra, L. L., & Puentes, M. H. (2016). Comparación de los valores de resistencia a compresión del hormigón a la edad de 7 y 28 días. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 10(1), 1.
- Comisión Permanente del Hormigón, Secretaría General Técnica; Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento. (2014). Guía de aplicación de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

Edificación. Comisión Permanente del Hormigón. Ministerio de Fomento.

- Varona Moya, F. D. B., López Juárez, J. A., & Bañón, L. (2012). Apuntes de Hormigón Armado. Adaptados a la Instrucción EHE-08. Obras de Hormigón.