



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Facultad de Ingeniería

Escuela de Obras Civiles

PROPUESTA DE CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE TESTIGOS DE
HORMIGÓN PROYECTADO UTILIZADO EN FORTIFICACIÓN DE TÚNELES
MINEROS Y CIVILES

Memoria para optar al título de Ingeniero Constructor

Autor:

José Gabriel Tenorio Rojas

Profesora Guía: Carmen Paz Muñoz Effa

Santiago – Chile

2016

DEDICATORIA

A Dios, por haberme escogido.

A mi madre María que, con mucha confianza, me otorgó su apoyo
incondicional y no me juzgó en mis momentos de debilidad.

A mi padre José, que aun en su enfermedad creo que logra percibir
en su alma la felicidad que deviene en mí por la culminación de este
proceso.

A mi mujer Francisca, que con su mirada y palabras suplió todo lo
que me faltaba.

A todos ellos, muchas gracias, los amo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Profesora Guía y Directora de Carrera, Sra. Carmen Paz Muñoz E., por su paciencia, confianza, carisma y apoyo.

Al Sr. Sergio García G., Especialista Avanzado de Aseguramiento y Control de Calidad de Codelco-VP, por habernos involucrado en las Pruebas Inter-laboratorio de Shotrete realizados en Rancagua.

A Milenko Ogaz, Coordinador de Capacitación y Certificación del ICH, por haberme ayudado a ver aspectos que no había considerado.

A mi amigo Rodrigo S., que nunca cesó de hablarme palabras de bien.

A todos aquellos que de alguna u otra manera me ayudaron a finalizar este proceso con éxito.

RESUMEN

El presente trabajo, además de señalar de manera sistemática un marco conceptual y teórico acerca de lo que es el hormigón proyectado y cada uno de los factores que lo marginan debido a la escasa información en Chile, propone criterios de aceptación o rechazo de los testigos de hormigón proyectado utilizados en fortificación de túneles mineros y civiles, considerando que la actual normativa chilena evalúa los testigos a partir de parámetros convenidos específicamente para hormigón estructural. Para esto, se dispuso de un conjunto de muestras de testigos utilizados en minería a los que se evaluó por medio de criterios utilizados en Austria y Noruega; países con alta experiencia en fortificación de túneles y, a partir de dichas evaluaciones, se efectuó la propuesta basada en datos reales de resistencia de testigos.

Además, se establece una correlación funcional entre resistencias reales, obtenidas a partir de testigos, y potenciales, obtenidas a través de probetas, con el fin de conocer el comportamiento real de la evolución de las resistencias a compresión a partir de muestras ensayadas en laboratorio.

Finalmente, se concluye estableciendo propuestas para distintas cantidades de muestra basados en indicadores estadísticos y empíricos.

ABSTRACT

The present research, is focus on theoretical frame about what shotcrete is and the factors that exclude due to limited information in Chile, propose criteria of acceptance and rejection of shotcrete cores used in mining an civil tunneling, considering Chilean standarization evaluates concrete cores for structural concrete. Aforementioned, taken an amount of core samples using in mining which assessed by Austrian and Norwegian criteria; countries with high experience in fortification tunnels and, from these evaluations, the proposal based on actual data resistance of core of was made.

In addition, a functional correlation between actual and potential resistance, obtained from core of and obtained through samples, in order to know the actual behavior of the evolution of compressive strength from samples tested in the laboratory is established.

Finally, it is concluded establishing proposals for different amount of sample based on statistical and empirical indicators.

ÍNDICE GENERAL

1) CAPÍTULO I: Antecedentes Generales.....	1
1.1) INTRODUCCIÓN	2
1.2) CONTEXTUALIZACIÓN	4
1.3) OBJETIVOS	7
1.3.1) Objetivo General	7
1.3.2) Objetivos específicos	7
2) CAPÍTULO II: Hormigón Proyectado.....	8
2.1) HISTORIA.....	9
2.2) DESCRIPCIÓN DEL HORMIGÓN PROYECTADO	13
2.2.1) Método de proyección por vía seca.....	13
2.2.2) Método de proyección por vía húmeda	15
2.2.2.1) VENTAJAS DEL MÉTODO POR VÍA HÚMEDA	17
2.2.3) Comparación general de ambos métodos	20
2.3) COMPONENTES.....	21
2.3.1.1) CEMENTO	21
2.3.2) Áridos.....	22
2.3.3) Agua	23
2.3.4) Aditivos	23
2.3.4.1) PLASTIFICANTES Y SUPERPLASTIFICANTES.....	24
2.3.4.2) ACELERANTES DE FRAGUADO.....	25
2.3.4.3) CONTROLADOR DE HIDRATACIÓN.....	26
2.3.4.4) OTROS ADITIVOS	27
2.3.5) Adiciones	28
2.3.5.1) FIBRAS	28
2.3.5.2) HUMO DE SÍLICE	37
2.4) SISTEMAS DE PROYECCIÓN	41
2.4.1) Equipos de proyección para mezcla seca.....	41
2.4.1.1) MÁQUINAS DE CÁMARA SIMPLE O DOBLE	41
2.4.1.2) MÁQUINAS DE ALIMENTACIÓN CONTINUA	42
2.4.2) Equipos de proyección para mezcla húmeda.....	43
2.4.2.1) APLICACIÓN MANUAL	43
2.4.2.2) SISTEMAS MECANIZADOS.....	44
2.4.3) Boquilla de proyección y su incidencia en el rendimiento.....	45
2.4.4) Resumen de equipos y herramientas que operan en conjunto con el shotcrete	47
2.5) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	48
2.5.1) Recomendaciones para una correcta aplicación	49
2.5.1.1) TRATAMIENTO SUPERFICIAL	49
2.5.1.2) CURADO DEL HORMIGÓN <i>IN-SITU</i>	50
2.5.1.3) CAPACITACIÓN DEL OPERADOR	52
2.5.1.4) BOQUILLA: TÉCNICA DE APLICACIÓN	52

2.6) DISEÑO DEL SHOTCRETE	53
2.6.1) Curvas granulométricas recomendadas para los áridos	53
2.6.2) Dosificaciones.....	56
2.6.2.1) CRITERIOS UTILIZADOS EN LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES PROYECTADOS	56
2.6.2.2) DOSIFICACIÓN TIPO	57
2.7) SINGULARIDADES EN LA COLOCACIÓN DEL SHOTCRETE	58
2.7.1) Efecto sombra	58
2.7.2) Rebote	59
2.7.3) Sustrato, condición y adherencia	60
2.7.4) Tiempo de colocación.....	60
2.7.5) Espesores.....	61
2.7.6) Obstrucción de la manguera de transporte	61
2.7.7) Mallas para el hormigón mal traslapadas	61
2.8) GUÍAS Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE REFIERE AL SHOTCRETE	62
<u>3) CAPÍTULO III: Controles</u>	<u>67</u>
3.1) INTRODUCCIÓN	68
3.2) PANELES DE ENSAYO	69
3.2.1) Descripción	69
3.2.2) Función	71
3.3) MEDICIONES EN SITIO	72
3.4) TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO	72
3.4.1) Consideraciones ACI.506-2-95	73
3.5) PRUEBAS Y ENSAYOS DEL SHOTCRETE	75
3.5.1) Secuencia de pruebas y ensayos para shotcrete	75
3.6) DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	77
3.6.1) Ensayos de hormigón en estado fresco	77
3.6.1.1) EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA	77
3.6.1.2) DETERMINACIÓN DE LA DOCILIDAD	77
3.6.1.3) DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE	79
3.6.1.4) DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA	80
3.6.1.5) DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA	84
3.6.1.6) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE	85
3.6.1.7) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRAS	86
3.6.2) Ensayos de hormigón proyectado para resistencia temprana ..	88
3.6.2.1) PENETRACIÓN DE AGUJA	88
3.6.2.2) HINCADO DEL CLAVO	89
3.6.3) Ensayos de hormigón proyectado en estado endurecido.....	91
3.6.3.1) EXTRACCIÓN DE TESTIGOS.....	91
3.6.3.2) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	92
3.6.3.3) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	92
3.6.3.4) DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA PARA SHOTCRETE.....	93
3.6.3.5) DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA	94
3.6.3.6) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRAS	94
<u>4) CAPÍTULO IV: Criterios de Evaluación.....</u>	<u>96</u>

4.1) INTRODUCCIÓN	97
4.2) CONSIDERACIONES NCh1998.Of89: HORMIGÓN - EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA MECÁNICA	97
4.3) CONSIDERACIONES NCh1171 – HORMIGÓN – TESTIGOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO	100
4.4) EVALUACIÓN POR MEDIO DE TESTIGOS	101
4.4.1) Criterios de evaluación según normativa chilena	102
4.4.1.1) CONSIDERACIONES ACI 318S-11	103
4.4.2) Otros criterios de evaluación para hormigón proyectado.....	106
4.4.2.1) CRITERIOS DE EVALUACIÓN SEGÚN NORMA NORUEGA	107
4.4.2.2) CRITERIOS DE EVALUACIÓN SEGÚN NORMA AUSTRIACA	109
4.5) OTRAS EVALUACIONES.....	110
4.5.1) Resistencia a la tracción por hendimiento del hormigón.....	110
5) CAPÍTULO V: Mediciones y Análisis de Resultados	111
5.1) CONSIDERACIONES PREVIAS	112
5.1.1) Conversión por esbeltez	112
5.1.2) Corrección por edad	112
5.1.3) Factores de conversión para probetas de compresión	113
5.2) ACERCA DE LOS DATOS.....	115
5.3) METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	115
5.4) NOMENCLATURA.....	118
5.5) ANÁLISIS, SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE DATOS.....	119
5.5.1) Resistencia promedio de testigos, R_p	119
5.5.1.1) ESTANDARIZACIÓN DE CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE TESTIGOS PARA 15 O MÁS MUESTRAS DE HORMIGÓN.....	125
5.5.1.2) ESTANDARIZACIÓN DE CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE TESTIGOS PARA NM INFERIOR A 15.....	126
5.5.2) Resistencia inferior de testigos, R_i	131
5.5.2.1) ESTANDARIZACIÓN DE CRITERIO PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO DE LOS TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO A PARTIR DE SU R_i	132
5.6) RELACIÓN FUNCIONAL ENTRE RESISTENCIA POTENCIAL Y REAL	134
5.6.1) Acerca de los datos	134
5.6.2) Metodología	135
6) CAPÍTULO VI: Conclusiones y Propuestas	146
6.1) CONCLUSIONES	147
6.2) PROPUESTAS	147
6.2.1) Evaluación de testigos hasta 14 muestras	148
6.2.2) Evaluación de testigos para 15 o más muestras	148
6.2.3) Evaluación del desarrollo de la resistencia del hormigón mediante relación funcional entre resistencias de probetas curadas en laboratorio y testigos extraídos del sustrato proyectado	148
7) CAPÍTULO VII: Bibliografía.....	150

8) Bibliografía	151
Anexos	153
ANEXO A	154
ANEXO B	170
ANEXO C	177
ANEXO D	183
ANEXO E	184
ANEXO F	185
ANEXO G	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Liberación de polvo según método de proyección.....	18
Tabla 2.2 Cuadro comparativo de los métodos de proyección; ventajas y desventajas.....	20
Tabla 2.3 Caracterización de los cementos chilenos. Calores de hidratación	21
Tabla 2.4 Granulometrías combinadas recomendadas para <i>shotcrete</i>	23
Tabla 2.5 Diseño de la mezcla para <i>shotcrete</i> reforzado con fibra metálica.....	32
Tabla 2.6 Resumen de equipos utilizados en excavación, sostenimiento y proyección de hormigón en túneles y piques	47
Tabla 2.7 Ejecución del proceso de proyección	48
Tabla 2.8 Ejemplo para cálculo de árido combinado	55
Tabla 2.9 Dosificación utilizada en metro línea 4	57
Tabla 2.10 Guías y códigos internacionales referentes a <i>shotcrete</i>	62
Tabla 2.11 Resumen de códigos relacionados con el hormigón proyectado	63
Tabla 3.1 Grados de testigos de <i>shotcrete</i> según ACI	74
Tabla 4.1 Evaluación por grupos de muestras consecutivas.....	98
Tabla 4.2 Evaluación considerando el total de muestras	99
Tabla 5.1 Factores de conversión por esbeltez del testigo, K_1	112
Tabla 5.2 Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas	114
Tabla 5.3 Cálculo de desviaciones estándares móviles; representación de concepto	116
Tabla 5.4 Aceptación o rechazo según los distintos criterios considerados	120
Tabla 5.5 Muestras rechazadas por su R_p mediante criterio austriaco ...	121
Tabla 5.6 Factor t para la distintas cantidades de muestras.....	122
Tabla 5.7 Criterios para la dosificación del hormigón según ACI	123

Tabla 5.8 Criterios para dosificación cuando no hay datos para calcular S_s	126
Tabla 5.9 Evaluación a 5 y 10 muestras con $f_{cil} = 250 \text{ kgf/cm}^2$	127
Tabla 5.10 Valores de resistencia mínima para aprobar según los distintos criterios de evaluación	128
Tabla 5.11 Criterios para R_i cuando $f_c = 25 \text{ [MPa]}$	132
Tabla 5.12 Cálculo de resistencias medias estandarizadas	137
Tabla 5.13 Cálculo de valores filtrados que cumplen con la condición prescrita	139
Tabla 5.14 Tabla resumen de reelección de datos sin resistencias descartadas	140
Tabla 5.15 Eliminación de datos a fin de obtener R^2 cercano a 1	142
Tabla 5.16 Cálculo de R_{pt} a partir de $R_{pp} \text{ [kgf/cm}^2]$	145

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 2.1 Método de proyección por vía seca	14
Esquema 2.2 Método de proyección por vía húmeda	16
Esquema 2.3 Mediciones de polvo liberado	19
Esquema 2.4 Resumen de las propiedades específicas de las fibras de acero	31
Esquema 2.5 Resumen de efectos de las fibras sintéticas en el <i>shotcrete</i>	34
Esquema 2.6 Fibras de acero y sintéticas; comparación	35
Esquema 2.7 Cuadro comparativo de propiedades físicas de microsílíce, nanosílíce y cemento	40
Esquema 3.1 Secuencia de pruebas y ensayos para <i>shotcrete</i>	75
Esquema 3.2 Ensayos y normativa respectiva para <i>shotcrete</i>	76
Esquema 3.3 Secuencia fotográfica de procedimiento de ensayo para la determinación de consistencia	83

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1 Carl Ethan Akeley (1864-1926).....	9
Imagen 2.2 Primera máquina de impulsión,	10
Imagen 2.3 Equipo de <i>shotcrete</i> utilizado en 1920 d.C.	11
Imagen 2.4 Fibras utilizadas en hormigón proyectado	36
Imagen 2.5 Máquina de proyección vía seca. Equipo de cámara simple y doble	42
Imagen 2.6 Máquina de alimentación continua a rotor y plato giratorio.....	43
Imagen 2.7 Modelos representativos de bombas	44
Imagen 2.8 Equipo de proyección mecanizado	45
Imagen 2.9 Rebote de hormigón en relación a la inclinación de la boquilla	46
Imagen 2.10 Efecto sombra.....	58
Imagen 3.1 Panel de proyección	69
Imagen 3.2 Fotografía de protección del panel de prueba	70
Imagen 3.3 Zona defectuosa	71
Imagen 3.4 Formas de asentamiento	79
Imagen 3.5 Secuencia fotográfica del ensayo de densidad aparente	80
Imagen 3.6 Mesa de sacudidas.....	81
Imagen 3.7 Molde y maza para apisonar el <i>shotcrete</i> dispuesto para ensayo	82
Imagen 3.8 Fotografía de medición de temperatura	84
Imagen 3.9 Instrumentos de medición del contenido de aire.....	86
Imagen 3.10 Penetrómetros utilizados para la realización del ensaye	89
Imagen 3.11 Distancia entre clavos.....	90
Imagen 3.12 Secuencia fotográfica representativa del ensayo de clavo hincado	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Curvas individuales y curva combinada	55
Gráfico 5.1 Factor t según las distintas iteraciones	123
Gráfico 5.2 Aumento polinómico de S_s	124
Gráfico 5.3 Límites inferiores post-evaluación para 5 muestras	127
Gráfico 5.4 Límites inferiores post-evaluación para 10 muestras	128
Gráfico 5.5 Relación funcional hasta 6 muestras	129
Gráfico 5.6 Relación funcional para 7 muestras hasta 14	130
Gráfico 5.7 Límites inferiores para R_i	132
Gráfico 5.8 Relación funcional entre criterios para R_i mínimo	133
Gráfico 5.9 Regresión lineal de las resistencias medias a compresión estandarizadas de testigos v/s probetas según sector	138
Gráfico 5.10 Regresión lineal con datos descartados según criterio indicado	140
Gráfico 5.11 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector A .	143
Gráfico 5.12 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector B .	143
Gráfico 5.13 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector C .	144
Gráfico 5.14 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector D .	144

1) **CAPÍTULO I: Antecedentes Generales**

1.1) INTRODUCCIÓN

Desde la taxidermia a principios del siglo XX hasta proyectos de ingeniería en la actualidad, se ha podido visualizar el desarrollo de lo que hoy se conoce con el término de shotcrete, u hormigón proyectado, que refiere a uno de los diferentes métodos de colocación del hormigón usado principalmente en la fortificación de túneles en obras civiles subterráneas y en minería.

La ruta de desarrollo que ha transitado esta tecnología, desprende una serie de evoluciones que hacen que este método constructivo se sitúe en gran cantidad de proyectos a nivel internacional, lo que, en Chile, no deja de hacerse presente en proyectos engendrando, empíricamente, la necesidad de disponer de normativas que regulen y señalen los procedimientos constructivos y todo rudimento que involucre la puesta en obra del shotcrete.

Actualmente en Chile, se utiliza el hormigón proyectado sin contar con normativas específicas que detallen y especifiquen todo aquel proceso que conlleva el método.

El respaldo técnico que hoy en día se sostiene deviene de códigos internacionales editados por sociedades, federaciones y comités técnicos de naciones extranjeras que han descrito y reglamentado lo referente al shotcrete. En el marco de la normativa chilena, los proyectos se respaldan en normas tales como la NCh1171/1.Of2001, NCh1171/2.Of2001, NCh170.Of1985, entre otras, y, del mismo modo, documentos como la “Guía Chilena del Hormigón Proyectado” publicado en septiembre del 2014 en su primera versión, y en octubre del 2015

en su segunda versión, por el ICH han servido de guía para ejecutar proyectos que utilizan hormigón proyectado.

Por tanto, se constata que los antecedentes históricos conducen a establecer normativas que señalen lo prescrito. Desde esta premisa y considerando los vacíos que al presente se pronuncian en el ejercicio del método en contexto, en este documento, se detallará una propuesta que establecerá criterios para la aceptación y/o rechazo de testigos de hormigón proyectado utilizado en fortificación de túneles mineros y civiles, para aportar, de manera sistemática y metodológica, un marco referencial para futuros proyectos que se desarrollen en Chile por cuanto en la práctica, se soslayan parámetros que no están reconocidos a nivel nacional, pero que hacen falta suscitar para una correcta aplicación del shotcrete y, análogamente, correctas y similares evaluaciones en todas faenas que contemplen el uso de hormigón proyectado.

1.2) CONTEXTUALIZACIÓN

Sostenimientos y revestimientos de túneles, muros pantalla y taludes, generalmente requeridos en minería y faenas subterráneas como la construcción del Metro de Santiago, son algunas de las obras en las que hoy en día se emplea la especial mezcla cementicia lanzada o disparada llamada, comúnmente, shotcrete.

Si bien, el uso de hormigones especiales en esta época no está en una etapa introductoria, los avances que se han generado respecto al método de colocación del hormigón proyectado, hacen que esta tecnología se posicione como uno de los grandes hitos en la construcción, volviéndose adepto y convirtiéndose en un método de colocación (y no un producto en sí mismo) que presente ventajas competitivas en relación al tiempo de aplicación y a las resistencias iniciales, emergiendo como una oportunidad ineludible para la construcción en donde se requieren ciclos rápidos de avance.

En Chile, la oferta de proyectos de refuerzo estructural, mineros y obras civiles subterráneas, concitan una considerable atención a esta forma de aplicar el hormigón, ya que manifiesta virtudes cualitativas y cuantitativas en comparación a otros métodos constructivos (Reyes, 2015). Cabe destacar, que muchos de los proyectos de sostenimiento de taludes se complementan con la utilización de pernos de anclaje y mallas de acero pero, gracias a los avances presentados en el shotcrete, actualmente se reemplazan dichos elementos con la utilización de fibras de acero y, mayormente, sintéticas incorporado al hormigón o mortero proyectado.

En la década de los 60, en Chile se ha introducido y desarrollado el hormigón proyectado haciéndose presente en construcciones de centrales hidroeléctricas. En aquel entonces, la tecnología usada no era tan avanzada como en la actualidad, pero la técnica era exactamente la misma. Aproximadamente desde el año 1965, proyectos relevantes como la Central Hidroeléctrica Rapel, El Toro, Antuco, El Alfalfal, Pangué, Ralco; divisiones de Codelco como Salvador, El Teniente, Andina; obras del Ministerio de Obras Públicas como el túnel Cristo Redentor; túneles Viales Rodelillo, El Melón, Zapata, entre otros, han aplicado esta técnica constituyéndose como uno de los métodos más confiables y económicos utilizados hasta ahora. Del mismo modo, entre los años 1970 y 1990, esta tecnología se hizo presente en los taludes y entibaciones de las excavaciones de la línea 1 y línea 2 del metro de Santiago.

A partir del año 1990, en las extensiones de la línea 2 y línea 5, la utilización del shotcrete ocupó un lugar en las especificaciones técnicas de estos proyectos y en su praxis, implementando principalmente shotcrete vía seca y manual según el método Austriaco (NATM).

Posteriormente, en la línea 4 y las recientes líneas 3 y 6 del Metro de Santiago, involucraron la intervención del hormigón proyectado vía húmeda, desplegando el uso de equipos robotizados de alto rendimiento reflejando el avance tecnológico en la construcción de estos túneles del Metro, manifestándose como el principal material constructivo estructural y de revestimiento en este tiempo.

Considerando que en la actualidad, la oferta del shotcrete se mantiene enfocado fuertemente en la minería, para muchos, esta técnica constructiva se está haciendo relevante para una amplia variedad de mercados en la construcción, tales como en obras de tunelería, cavernas, soporte de suelos,

estabilización de taludes, piscinas y skatepark, acceso a estacionamientos, edificaciones, excavaciones para subterráneos, relleno de hundimientos o superficies sobre-excavadas, estructuras civiles complejas, canales, embalses, aliviaderos, refractarios, reparación, restauración, reforzamiento, protecciones contra el fuego, acabados decorativos y estructuras contra explosiones.

Debido a la falta de normativas que se alineen con los procesos del hormigón proyectado, surge la necesidad de investigar e introducir en el mundo académico estos temas que competen a la realidad nacional, que responden a las exigencias que plantea el escenario tecnológico en gran cantidad de proyectos en Chile.

1.3) OBJETIVOS

1.3.1) Objetivo General

- ☉ Proponer método de evaluación para hormigón proyectado en proyectos nacionales.

1.3.2) Objetivos específicos

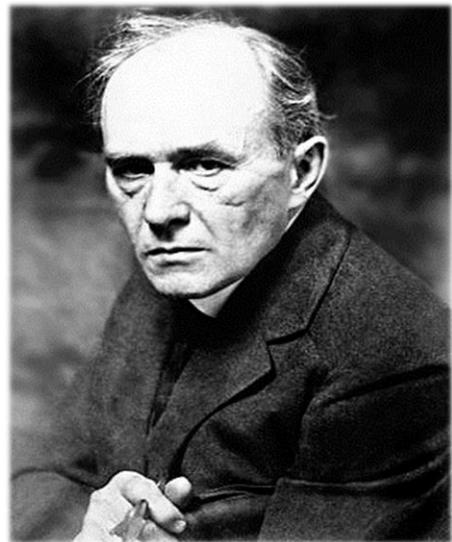
- ☉ Analizar las variables que inciden en la calidad del hormigón proyectado.
- ☉ Identificar las actuales prácticas nacionales para evaluación del hormigón proyectado.
- ☉ Revisar normativa nacional e internacional para evaluación, aceptación y rechazo de hormigón proyectado.

2) **CAPÍTULO II: Hormigón Proyectado**

2.1) HISTORIA

En el año 1907, en Chicago, Estados Unidos, a raíz de la necesidad de revestir matrices de esqueletos, el doctor Carl Ethan Akeley (ver imagen 2.1), quien además era escultor y naturalista del Museo Americano de la Historia Natural de Chicago, concibió un método que, a través de aire comprimido, permitía expulsar una mezcla de agua, cemento y arena, la cual, se proyectaba neumáticamente sobre un armazón de alambre y, de esta forma, se reproducía animales prehistóricos para trabajos de taxidermia (arte de disecar animales). El sistema de aquel entonces, consistía en transportar, distribuir y colocar, mediante una manguera, desde un depósito, materiales secos a los cuales se les agregaba una cantidad necesaria de agua en la salida que posteriormente era lanzado neumáticamente a alta velocidad; método que actualmente se conoce como vía seca. La fuerza con la que llegaba a la superficie hacía que la mezcla se compacte obteniendo recubrimientos delgados resistentes.

Imagen 2.1 Carl Ethan Akeley (1864-1926)



Fuente:

<http://www.cinematographers.nl/CAMERAS1.html>

Posteriormente, en diciembre de 1910, basándose en el diseño de Akeley, se desarrolló una pistola de cemento con doble cámara. Este evento, debido a su éxito, generó expectativas y trajo consigo la fabricación de la máquina inyectora de cemento (ver imagen 2.2) que, en el año 1911, fue patentada en

Estados Unidos por la compañía Cement-Gun. De esto, derivó la marca registrada con el nombre comercial de Gunita que, en términos genéricos, consistía básicamente en una técnica para aplicar mortero; técnica que responde a la puesta en obra de un hormigón o mortero proyectado neumáticamente a través de una manguera a gran velocidad. Gracias estos avances, en 1915, Cement Gun Company comienza a liderar numerosos proyectos tales como construcción y reparación de edificios, puentes, depósitos, presas, túneles para drenajes, entre otros. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2015)

**Imagen 2.2 Primera máquina de impulsión,
1907 d.C.**



Utilizada para aplicar revestimientos en el museo de Chicago, USA. Fuente:
http://www.shotcrete.org/media/Archive/2002Sum_Teichert.pdf

En 1918, el procedimiento se propaga e incorpora en Europa, en donde en el año 1920 (ver imagen 2.3), es patentada en Alemania. Debido a esta expansión en Europa, el término es asociado en países como Inglaterra como Gunita, en Alemania como Spritzbeton y en Francia como Gunitage. De este modo, se fue divulgando rápidamente creándose la compañía UK Cement Gun en el Reino Unido, un evento que ya en el año 1922 abarcaba el nivel global. Marcas como

Guncrete, Blocrete, Jetcrete y Pneucrete se introdujeron para referirse a procesos similares de aplicación.

En la década de los años 30, la Asociación Americana de Ingenieros de Ferrocarriles (AREA, “American Railway Engineering Association”) concibió el término genérico de “Shotcrete” (Concreto Disparado) para denominar el proceso del “gunitado”. En el año 1935 se hacen las primeras pruebas de shotcrete en flexión. Entre 1940 y 1950, ya se estaban incorporando agregados gruesos de 10mm dentro de las mezclas de hormigón proyectado; proceso que constituía la evolución de esta tecnología. Después de la Segunda Guerra Mundial, la técnica fue perfeccionada introduciendo pistolas para la aplicación de concretos con agregados gruesos por vía seca (Yoggy, 2005). En este periodo, se incorporan los primeros equipos para hormigón proyectado vía seca con aire comprimido.

Imagen 2.3 Equipo de shotcrete utilizado en 1920 d.C.



Fuente: <http://www.therixgroup.com.au/shotcrete-shotcreting/history-of-shotcrete/>

Un hecho relevante en 1950 fue la formación del Comité ACI 506 creado por el Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute, ACI), convirtiéndose este en una de las fuentes de información y normalización autorizadas y consultadas por proyectos que utilizaban este sistema. Por otro lado, en 1955 se diseñaron equipos que permitían la colocación de hormigón agregándole agua directamente a la mezcla al ser proyectada; esto se conoce actualmente como vía húmeda. El proceso se constituía además de una pistola rotativa que facultaba el sistema de alimentación continuo. Cuando la mezcla contenía solo agregados finos, se denominó mortero lanzado, en cambio, cuando además tenía

agregados gruesos, se le asignó el nombre de concreto lanzado (The American Shotcrete Association, 2015). En 1960 se presentan los primeros acelerantes de fraguado líquidos para hormigones proyectados; aluminatos alcalinos. En el año 1966, el ACI (Instituto Americano del Hormigón) adopta el término de “shotcrete” para todas las aplicaciones neumáticas de mortero y hormigón incluyendo la vía húmeda y seca. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2015)

Durante los años 1970 y 1980 se hicieron notables mejoras que permitieron el bombeo de concreto a mayores distancias y mayores volúmenes. La eficacia del shotcrete se vio aumentada por la utilización de equipos operados en forma remota. Además, dentro de este periodo, entre los años 1970 y 1971 se incorporaron las primeras fibras metálicas en Norte América; el US Army Corps of Engineers realiza los primeros usos de fibra de acero en el hormigón proyectado, proceso que fue adquiriendo perfeccionamiento y solidez en la industria de la construcción ya que, en 1975 en Noruega se incorpora la microsílíce al hormigón proyectado originando que en 1977 se estableciera el uso de fibras metálicas y equipos remotos en gran escala. Ya en 1980, en Norteamérica se realizan los primeros usos de microsílíce en el shotcrete, además, los equipos para proyectar hormigón vía seca y húmeda eran a rotor. Por otro lado, nacen los primeros acelerantes de fraguado libre de álcalis; sulfatos de aluminio. Los superplastificantes utilizados (copolímeros de vinilo) permitían una manejabilidad de hasta cuatro horas.

En 1998 se forma la Asociación Americana del Shotcrete. Posteriormente, en el año 2000, los sistemas para proyectar utilizados son altamente mecanizados y, respecto a los aditivos empleados, se usan de hidróxido de aluminio y sulfatos de aluminio que son acelerantes de fraguado y policarboxilatos modificados en el caso de los superplastificantes, que permiten una manejabilidad de hasta seis horas. (SIKA)

2.2) DESCRIPCIÓN DEL HORMIGÓN PROYECTADO

Cuando se habla de hormigón proyectado (shotcrete en inglés), generalmente se está refiriendo a un modo de colocación del hormigón que, en términos genéricos, consiste en la fijación del hormigón o mortero mediante disparos neumáticos a alta velocidad, desde una boquilla, en contra de cierta superficie que se desea cubrir. Dependiendo del procedimiento de proyección, el shotcrete se clasifica en el método por vía seca y el método por vía húmeda.

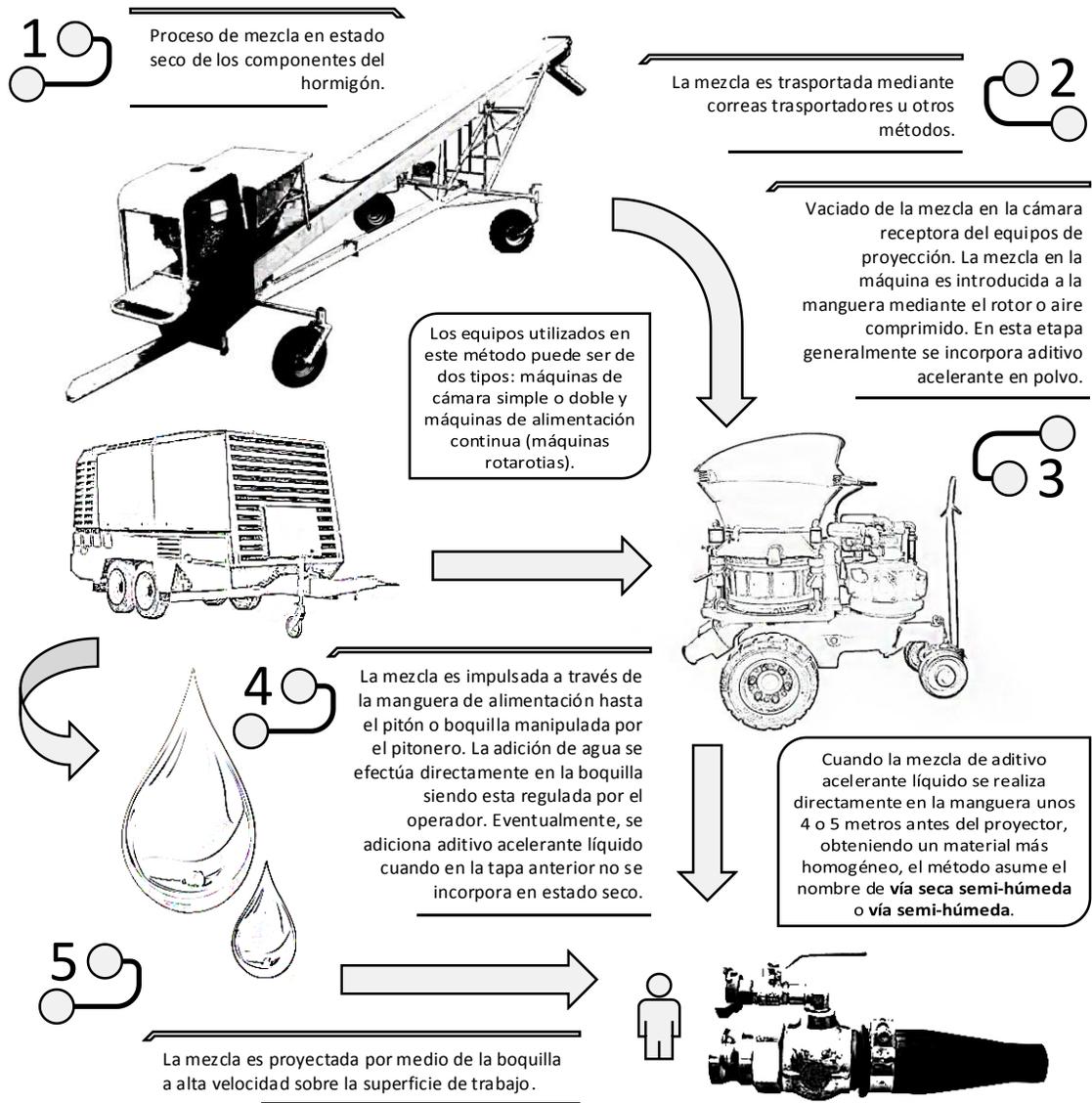
2.2.1) Método de proyección por vía seca

Este es el método más antiguo, que deviene de método de proyección inventado por Carl Ethan Akeley en 1907. Consiste en añadir el agua de hidratación a la boquilla de proyección. La mezcla de cemento más arena se efectúa mecánicamente en una hormigonera buscando una completa homogeneidad y posteriormente se transporta, mediante correas de transporte, hacia la tolva alimentadora de la máquina proyectora. Desde la tolva, la mezcla es impulsada por una corriente de aire comprimido a través de una manguera o tubería hasta una boquilla o pitón, en donde se introduce el agua a la mezcla antes de su proyección. Eventualmente, además de agua se pueden adicionar acelerantes y otros aditivos. Actualmente, el hormigón puede incluir fibras.

En este método, el operador de la boquilla es quien controla y ajusta la cantidad del agua de mezcla, lo que se traduce en una desventaja por el hecho de que el operario debe disponer de experiencia necesaria para lograr regular el contenido de agua y, de este modo, proyectar el hormigón con la razón agua-cemento especificada ya que, si la cantidad de agua es alta, las resistencias del

hormigón proyectado disminuyen notoriamente. Por lo general, la razón A/C debería fluctuar entre 0,3 y 0,50. El siguiente esquema (2.1) resume el procedimiento de proyección mediante vía seca:

Esquema 2.1 Método de proyección por vía seca



Fuente: elaboración propia.

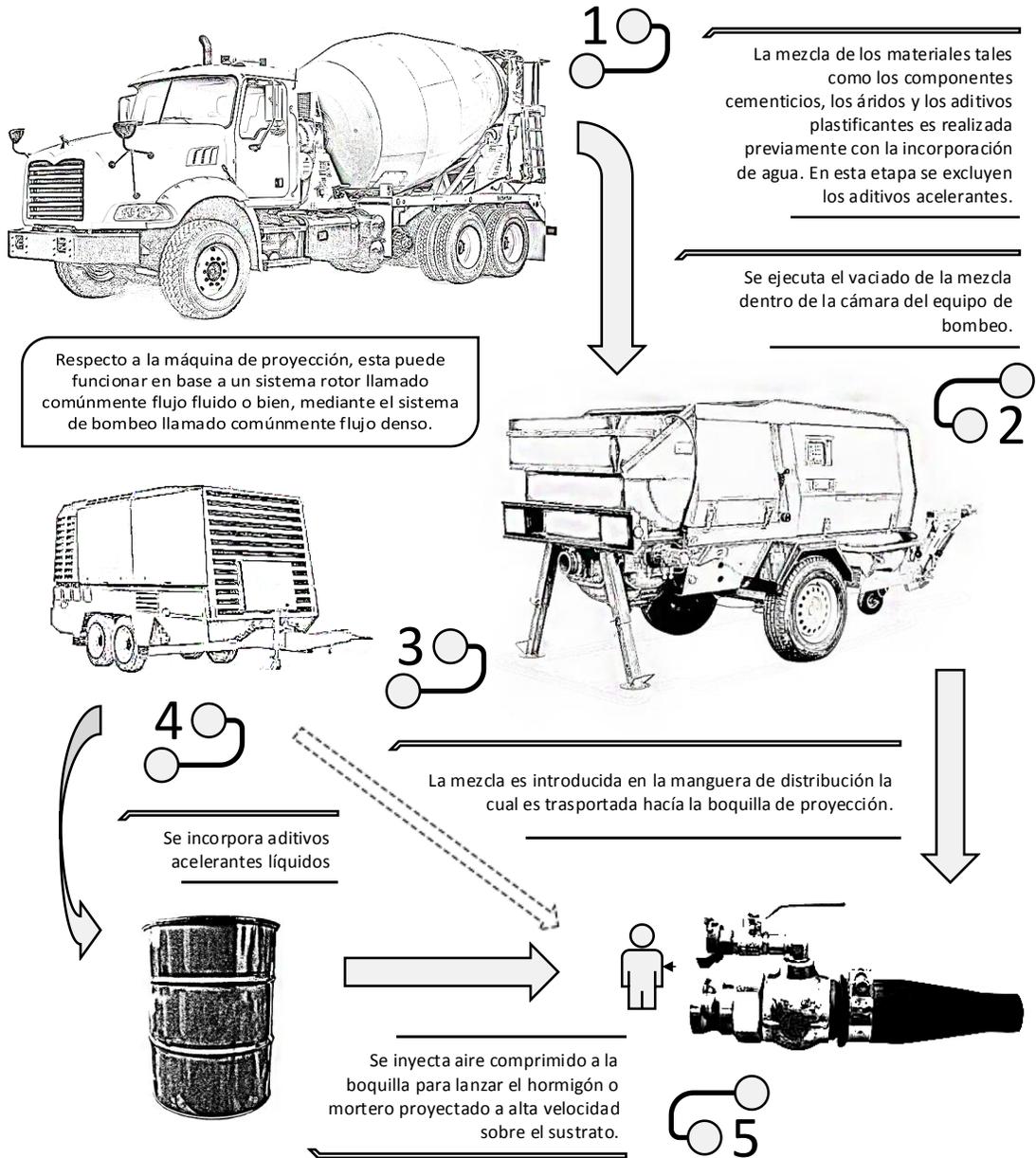
Otra de las desventajas de este método, es que cuando la mezcla que se proyecta es demasiado seca libera, en comparación a otra metodología, una excesiva cantidad de polvo en suspensión de los componentes de la dosificación, lo cual, desde un punto de vista de la salud de los trabajadores, dichas emanaciones son perjudiciales.

2.2.2) Método de proyección por vía húmeda

Este método es el que actualmente se usa con mayor frecuencia debido a las ventajas que presenta en terreno. Opera preparando la mezcla de la forma tradicional (ver esquema 2.2); componentes como el cemento, áridos, agua y eventualmente aditivos y adiciones, son mezclados mecánicamente en una planta o en un equipo móvil de mezclado, esto, favoreciendo el control del hormigón que se está proyectando. Posteriormente, mediante un equipo de bombeo, la mezcla es expulsada neumáticamente a través de mangueras a la salida de la boquilla. La incorporación de aditivo acelerante líquido se efectúa en la boquilla, en donde finalmente, la mezcla es disparada por aire comprimido a altas velocidades en contra de la superficie.

Se constata que en Chile, cerca del 70% del shotcrete que se utiliza, se aplica por medio de la vía húmeda. Esto, entre muchas otras razones, se debe a que este método permite una aplicación constante a lo largo del proceso de la aplicación. Además, se sabe que la capacidad de proyección por medio de este método es entre 4 a 5 veces mayor en comparación al método por vía seca. Generalmente, la razón agua cemento fluctúa entre 0,4 y 0,55.

Esquema 2.2 Método de proyección por vía húmeda



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.1) Ventajas del método por vía húmeda

Considerando que los costos iniciales para la inversión en equipos robotizados son altos, este desembolso económico se ve mitigado por la disminución en los costos mismos de la colocación del hormigón, teniendo en cuenta además el aumento de los ciclos de avance (en el supuesto de no intervenir algún inconveniente) y el importante descenso de aproximadamente un 25% en el porcentaje de rebote demuestra, de este modo, ventajas competitivas desde el punto de vista **económico**.

En un turno de ocho horas, respecto a la capacidad de proyección de ambos métodos, el por medio de vía húmeda es, por lo general, de cuatro a cinco veces mayor que el método por vía seca, por tanto, el **rendimiento** es significativamente mayor.

El operador, una persona que, usualmente, estaba acostumbrada a trabajar en medio del polvo emitido por el método vía seca, que no solo se producía desde la boquilla, sino que también desde la misma máquina de proyección, frente a este método, las condiciones en la ejecución se ven elocuentemente mejoradas ya que mediante la vía húmeda prácticamente no emite polvo, conllevando en sí misma un mejoramiento en el **ambiente de trabajo** y en la seguridad para los trabajadores de túneles.

El uso de aditivos reductores de agua y adiciones de microsílíce, o nanosílíce, han logrado aumentar las resistencias a la compresión del hormigón llegando a alcanzar, de este modo, hormigones con resistencias por sobre los 100 [MPa] (aprox. 1000 [Kg/cm²]) justificando una ambiciosa mejora en la **calidad**.

Gracias a los niveles de producción mediante este método, que otorga una aplicación continua, se presenta un mejoramiento en el proceso de **aplicación** elevando su eficiencia. (Winkler, 2005)

2.2.2.1.1) Formación de polvo en suspensión

Según Tom Melbye, en su trabajo, que es citado por Jan P. Lutnaes en su investigación, los índices de contaminación o emisiones de polvo emitidas en el Túnel del Cabo Norte en Noruega, en donde se utilizó acelerantes no cáusticos y libre de álcalis (vía húmeda), demostró una formación de polvo inferior a 3,7 [mg/m³] de aire en el ambiente de manera inmediata, lo cual, es dos veces menor que aquellos resultados obtenidos con el uso de los acelerantes líquidos de silicato modificado bajo las mismas condiciones. (Petter Lutnaes, Mayo 2001)

En la práctica, se torna difícil obtener mediciones directas de polvo bajo las mismas condiciones en un mismo túnel, pero por medio de instrumentación óptica de polvo fino, llamado hund TM DATA, el Ing. Markus Testor, del Túnel Irlahull en Alemania elaboró un informe de la formación de polvo para tres sistemas de aplicación. La siguiente tabla (tabla 2.1) resume los datos obtenidos:

Tabla 2.1 Liberación de polvo según método de proyección

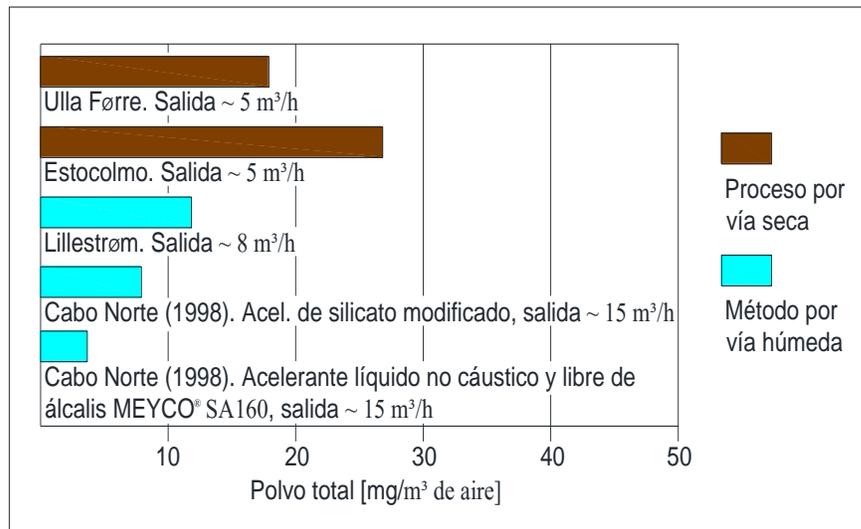
	Sistema de proyección	Intensidad de polvo relativa	Capacidad de proyección	Boquillas
1)	Vía seca	12,6	13,5 m ³ /h	2
2)	Vía seca	6,6	6,8 m ³ /h	1
3)	Vía húmeda	3,3	15,4 m ³ /h	1

Fuente: (Melbye, Enero 2002)

Otra medición de polvo que tuvo lugar en Escandinavia entre 1979 y 1998 demuestra cómo se aventaja el método por vía húmeda por sobre el método por

vía seca. El siguiente esquema (esquema 2.3) involucra además los cambios que se producen en la liberación de polvo según la utilización de diferentes tipos de acelerantes. En el caso del Túnel del Cabo Norte, las mediciones fueron realizadas bajo condiciones idénticas respecto a los equipos, operarios, ventilación del túnel, capacidad de proyección y diseño de mezcla. (Melbye, Enero 2002)

Esquema 2.3 Mediciones de polvo liberado



Fuente: (Melbye, Enero 2002)

2.2.3) Comparación general de ambos métodos

Tabla 2.2 Cuadro comparativo de los métodos de proyección; ventajas y desventajas

Ítem	Vía seca		Vía húmeda	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Polución	Puede mitigarse la producción de polvo pre-humedeciendo la arena	Elevada polución	Menor cantidad de polvo en el ambiente de trabajo Buena visibilidad	
Razón A/C	Permite bajas razones agua/cemento	Bajo control de agua; controla operador	Mayor control sobre la razón agua/cemento	Mayor razón agua/cemento
Calidad	Requiere menos cemento que la vía húmeda para igual resistencia	Altas variaciones en la calidad	Bajas variaciones en la calidad predispuesta	Requiere más cemento que la vía seca para igual resistencia
		Mayor heterogeneidad entre capas	Mayor homogeneidad entre capas	
		Depende de la habilidad del operador	No depende de la habilidad del operador	
		Suministro de material discontinuo	Suministro de material continuo	
Maquinaria	Costos	Maquinaria más económica		Equipos más costosos
	Alcances	Transportable a mayores distancias	Menor logística y coordinación entre planta de mezcla y obra	Distancias menores en relación al método por vía seca
	Manejo de equipos	Bajo mano de obra calificada		
	Mantenimiento	Mantenimiento poco frecuente	Alto costo de mantenimiento	Bajo costo de mantenimiento
Rendimientos		Menor rendimiento en relación al método por vía húmeda	Alto rendimiento y aún más cuando se utilizan equipos robotizados	
		Pocas veces supera los 5 m ³ /hora	En forma manual varía entre 2 a 10 m ³ /h; de forma mecanizada alcanza los 25 m ³ /h	
Espacios de trabajo		No es adecuado para secciones mayores de 3 x 3 m		No es adecuado para secciones menores de 3 x 3 m
Volumen de producción	Apropiado para altos volúmenes de aplicación		Apropiado para bajos volúmenes de producción	
Porcentaje de rebote		Alto porcentaje de rebote	Bajo porcentaje de rebote	
		En superficies verticales varía entre 15 y 40%; la proyección hacia arriba varía entre 20 y 60%	Una correcta aplicación genera menos de 10%, no obstante, normalmente se reduce de un 40 a un 25% en comparación al método vía seca	
Mezclado	Se puede realizar en el lugar de trabajo o en planta	Susceptible al contenido de humedad	Acepta materiales húmedos; se obtienen mezclas exactas	Requiere planta de hormigón
Aditivos	Generalmente en polvo; se añaden en el mezclador		Generalmente líquidos	

Fuente: elaboración propia

2.3) COMPONENTES

2.3.1.1) Cemento

Generalmente, las especificaciones técnicas en obras donde se emplea shotcrete señalan la utilización de cemento de alta resistencia de procedencia nacional para obtener un fraguado rápido y, de este modo, altas resistencias iniciales. Los más usados son los cementos portland puzolánicos y los portland siderúrgicos.

El cemento en el hormigón pasa a cumplir el rol del agente más activo en la mezcla y debe cumplir con la norma NCh148.Of68.

Respecto al calor de hidratación a siete días, este deberá presentar un máximo de 85 [calorías/gramo] según el método Langavant. (Ver tabla2.3)

**Tabla 2.3 Caracterización de los cementos chilenos.
Calores de hidratación**

Clase (NCh 148)	Grado (NCh 148)	Calor de hidratación 7 días (Cal /g)
Puzolánico	Corriente	55 - 68
Portland puzolánico	Alta resistencia	70 - 80
puzolánico	Alta resistencia	80 - 85

Fuente: Idiem

2.3.2) Áridos

Las recomendaciones para los áridos se basan en las exigencias establecidas para los hormigones convencionales según NCh163.Of2013; considerando una disposición uniforme en relación a la distribución del tamaño del grano y otras características como el contenido de materias extrañas.

En términos generales, un mayor contenido de arena fina se traduce en una mayor retracción por secado y, por otro lado, un mayor uso de arena gruesa se traduce en un mayor rebote.

Respecto a la distribución de tamaños, en Chile actualmente no se ha establecido una norma que refiera a la granulometría genérica de mayor conveniencia para los proyectos que utilicen hormigón proyectado; es responsabilidad de los contratistas seleccionar la granulometría más adecuada para el proceso característico para su proyecto, no obstante, la recomendación dada por EFNARC de granulometrías es la más utilizada (ver tabla 2.4). En cambio, para obras de hormigón proyectado fino como mortero se sugiere el uso de la curva fina de la norma ACI 506.

Tabla 2.4 Granulometrías combinadas recomendadas para *shotcrete*

Malla		ACI 506 G1		ACI 506 G2		ACI 506 G3		EFNARC		Equivalente en Chile (% que pasa en peso)			
ACI	mm	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	40,0 mm (1 1/2")		20,0 mm (3/4")	
										mín	máx	mín	máx
1 1/2"	40	-	-	-	-	-	-	-	-	100		-	
3/4"	20	-	-	-	-	100	100	100	100	60	80	100	
3/8"	10	100		90	100	70	90	93	100	40	61	62	77
#4	4,75	95	100	70	85	50	70	77	100	24	48	37	58
#8	2,40	80	100	50	70	35	55	59	92	15	37	22	43
#16	1,20	50	85	35	55	20	40	41	76	10	28	13	33
#30	0,60	25	60	20	35	10	30	26	56	6	19	8	23
#50	0,30	20	30	8	20	5	17	14	32	3	11	4	12
#100	0,15	2	10	2	10	2	10	6	16	2	5	3	6

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3) Agua

El agua utilizada debe estar libre de sustancias que puedan afectar el comportamiento del hormigón o de la armadura. Si no se dispone de agua potable, el agua a utilizar deberá responder a los requisitos señalados en la norma chilena NCh1498.Of2012.

2.3.4) Aditivos

Los aditivos utilizados deben cumplir con los requisitos referidos en la norma chilena NCh2182.Of2010. Estos materiales químicos activos agregados en pequeñas cantidades al hormigón o mortero durante su periodo de fabricación para modificar alguna de propiedades por acción física, química o físico-química tienen como finalidad conseguir propiedades específicas en el hormigón fresco y endurecido.

En el caso de utilizar más de un aditivo, se recomienda comprobar su compatibilidad para evitar resultados adversos en el hormigón a proyectar. Los aditivos usados con mayor frecuencia son los aditivos reductores de agua, acelerantes de fraguado y aditivo controlador de hidratación.

2.3.4.1) Plastificantes y superplastificantes

Los aditivos plastificantes y superplastificantes, conocidos comúnmente como reductores de agua, son materiales químicos que permiten aumentar la docilidad para un contenido fijo de agua o, análogamente, permite reducir el contenido agua para una docilidad determinada. La diferencia entre los reductores de agua radica en la capacidad fluidificante que se puede obtener bajo su acción en la mezcla, o su facultad para disminuir el agua libre para una docilidad dada.

El uso de aditivos reductores de agua permite obtener un hormigón mucho más trabajable en su estado húmedo, mayor cohesión en estado plástico y mejor bombeabilidad sin perder la resistencia deseada, pero limita el tiempo de colocación del hormigón hasta 20-90 min después de realizada la mezcla.

La reducción de agua de amasado que se puede lograr con el uso de aditivos superplastificantes está en el orden del 40% o más, accediendo, de esta manera, a hormigones con razones A/C menores a 0,38 y, por lo tanto, con mayores resistencias.

Una de las salvedades que se tiene que tener presente es que el uso excesivo de este aditivo puede generar el efecto de segregación o pérdida total de la cohesión de la mezcla, es por esta razón que se recomienda no sobrepasar la dosis máxima recomendada por el fabricante que generalmente varían, en

relación al peso del cemento, entre 0,45 y 0,55% en el caso de los plastificantes, y entre 0,5% y 2,0% para el caso de los superplastificantes.

Los superplastificantes o reductores de agua de alto rango normalmente solo se utilizan para la proyección de hormigón vía húmeda ya que en el método de proyección vía seca, no logran activarse en el corto plazo de humectación de la mezcla en la boquilla. El uso de superplastificantes en polvo en vía seca puede producir un efecto defectuoso para la proyección ya que se origina el efecto de fluidez tardía en el hormigón ya proyectado, haciendo que este se desprenda del sustrato en razón a la plasticidad efectuada en la mezcla.

2.3.4.2) Acelerantes de fraguado

Estos aditivos producen que aumente la velocidad de la reacción química entre el cemento y el agua, reduciendo el tiempo de inicio del fraguado. Debido a que produce que la mezcla pase de una consistencia líquida a una pastosa, es adecuada para proyecciones sobre superficies verticales o en proyecciones sobre cabeza como lo es la clave, efecto que habilita el uso del shotcrete para soporte inicial. Este cambio de consistencia reduce el desprendimiento y deslizamiento gracias a la reducción del asentamiento en el momento de la proyección.

Con los acelerantes de fraguado se pueden conseguir espesores mayores en las capas proyectadas en una pasada permitiendo además una aplicación rápida de capas sucesivas; se logra reducir el porcentaje de rebote, rechazo y desprendimiento del agregado; se adquieren resistencias a edad temprana y, principalmente, acelera el fraguado normal deteniendo filtraciones de agua. No obstante, su uso reduce las resistencias finales a los 28 días y compromete la

durabilidad del hormigón cuando se usan dosis que superan las cantidades recomendadas por los fabricantes; por lo general, el contenido de este aditivo en la mezcla, en relación al peso del cemento, varía entre 2,0 a 8,0%.

Estos aditivos están disponibles en estado líquido o estado sólido (polvo); estos se añaden en la tobera o manguera de distribución en el caso del método vía húmeda y, para el caso de vía seca, en el recipiente o boquilla.

En obras de hormigón proyectado, actualmente se utilizan principalmente acelerantes en base a aluminatos de calcio y sulfatos de aluminio, ya que estos no son cáusticos y se les denomina habitualmente libres de álcalis por la ausencia de cationes de sodio (Na^+), potasio (K^+) y litio (Li^+). Todos los aditivos de tipo alcalinos en base a hidróxido, carbonatos, aluminatos de sodio y silicato de sodio son corrosivos y además dañinos para la salud humana atentando en contra de la piel, los pulmones y especialmente los ojos. Por tanto, el uso de aditivos alkali-free ha estado en aumento ya que inciden positivamente en aspectos medio-ambientales, de seguridad y salud humana. Discurriendo en esto, la sustitución de los acelerantes de aluminio cáusticos por productos líquidos libres de álcalis y no cáusticos ilustra el desarrollo que ha tenido este producto inclinándose hacia mejores condiciones de trabajo. No obstante, es relevante mencionar que las resistencias finales a los 28 días tienden a ser más bajas con su uso.

2.3.4.3) Controlador de hidratación

Son comúnmente llamados con aditivo inhibidores de fraguado. Se utilizan para controlar la hidratación de la mezcla cuando, por lo general, los tiempos de transporte y almacenamiento son largos, considerando que el shotcrete pierde calidad cuando se emplea en tiempos retardados y su vida útil es de minutos o, en el mejor de los escenarios, de horas.

Se recomienda su uso solo cuando las condiciones de la faena lo ameriten en función de otorgar un avance continuo, es decir, cuando se requiera mantener su estado plástico más tiempo de lo requerido habitualmente. Interrupciones del proceso de proyección en donde se generan pérdidas en la productividad e inversión, es un caso frecuente en donde se hace empleo de este tipo de aditivos; en toda circunstancia es recomendable ajustarse a las recomendaciones del fabricante y utilizar aditivos que permitan mantener la trabajabilidad conveniente.

Estos aditivos no deben tener componentes que disminuyan la resistencia del hormigón a proyectar.

2.3.4.4) Otros aditivos

La utilización de otros aditivos se efectúa cuando se buscan propiedades tales como mejorar la resistencia, adhesión, permeabilidad y cohesión, o cuando el hormigón está expuesto a ciclos de hielo-deshielo, o se busca aumentar la resistencia a la abrasión, o se desea agregar pigmentación al hormigón, inhibir la corrosión o disminuir el porcentaje de rechazo, etc. En estos casos, la utilización de aditivos debe estar sujeta a las recomendaciones técnicas explicitadas por el fabricante asegurando, como se mencionó anteriormente, la compatibilidad de los aditivos.

2.3.5) Adiciones

2.3.5.1) Fibras

Como resultado de los esfuerzos de contracción y retracciones que se producen en el sustrato, se presentan agrietamientos por razones de tipo estructural, generalmente, por la poca resistencia a la tracción del hormigón. Frente a esta problemática, se recomienda el uso de fibras que, mediante su incorporación, se despliegan mejoras en el hormigón disminuyendo la propagación de las fisuras provocadas por retracción o esfuerzos de tracción, además de su función de aumentar la ductilidad.

El problema señalado se puede soslayar utilizando mallas electro soldadas, pero las fibras se aventajan sobre ellas por el hecho de ser pequeñas y su distribución en la mezcla es ventajosamente uniforme. No obstante, el uso de fibras no siempre reemplaza la armadura.

Las fibras que se utilizan en el hormigón proyectado considerados en este estudio son:

- Fibras metálicas.
- Fibras sintéticas.

La caracterización de las fibras se efectúa por su diámetro equivalente y su razón de aspecto, es decir, por su diámetro (diámetro equivalente) o por el cociente entre la longitud de la fibra y su diámetro (razón de aspecto).

Por lo general, las fibras presentan secciones circulares, onduladas o planas, cuyos diámetros varían entre 0,25 y 0,76 mm y, en el caso de las fibras planas, espesores que varían entre 0,15 y 0,25 mm con anchos entre 0,41 y 0,90 mm.

Respecto a la razón de aspecto, este valor fluctúa entre 30 y 150 para longitudes de fibra entre 6,4 y 76 mm respectivamente.

El uso de fibras plásticas se ha efectuado en nuestro país con largos de 35 y 50 mm, pero uno de los principales problemas que devienen con el uso de esta fibra es el alto porcentaje de rebote en el caso de su empleo por medio de la vía seca, ya que en el caso de la vía húmeda, este efecto se ve mitigado cuando se utilizan fibras. Desde otro punto de vista, mucho de este material se pierde producto del rebote, por lo tanto, el diseño de la mezcla debe ser condicionado en función de un mayor cono, una menor distancia de proyección y una menor cantidad de aire en la mezcla.

Teniendo en cuenta que el uso de fibras tiene como objeto controlar las retracciones, evitar fisuraciones y mejorar la resistencia al impacto, se emplean micro fibras sintéticas cuando se busca controlar el agrietamiento por retracción plástica y/o disminuir el rebote, en cambio, si se busca otorgar capacidad de carga al hormigón después de la fisuración, entonces se utilizan macro fibras, ya sea de acero o sintéticas.

2.3.5.1.1) Fibras metálicas

Una de las principales atribuciones que tiene el uso de fibras metálicas es el aumento de la ductilidad del hormigón, no obstante, la trabajabilidad de la mezcla se ve afectada por su utilización, lo cual, hace indispensable el empleo de aditivos plastificantes. Por otro lado, su uso otorga mejoras en la resistencia a la flexión post-endurecimiento manteniendo la resistencia a la flexión, la cual, sin el provecho de fibras metálicas, comúnmente se reduce a la mitad; producto, principalmente, de la contracción, entre otras razones.

Factores como los requisitos de la obra a ejecutar, los equipos disponibles y el nivel de distribución de la fibra en la mezcla, determinan finalmente la selección del método a utilizar para incorporar la fibra.

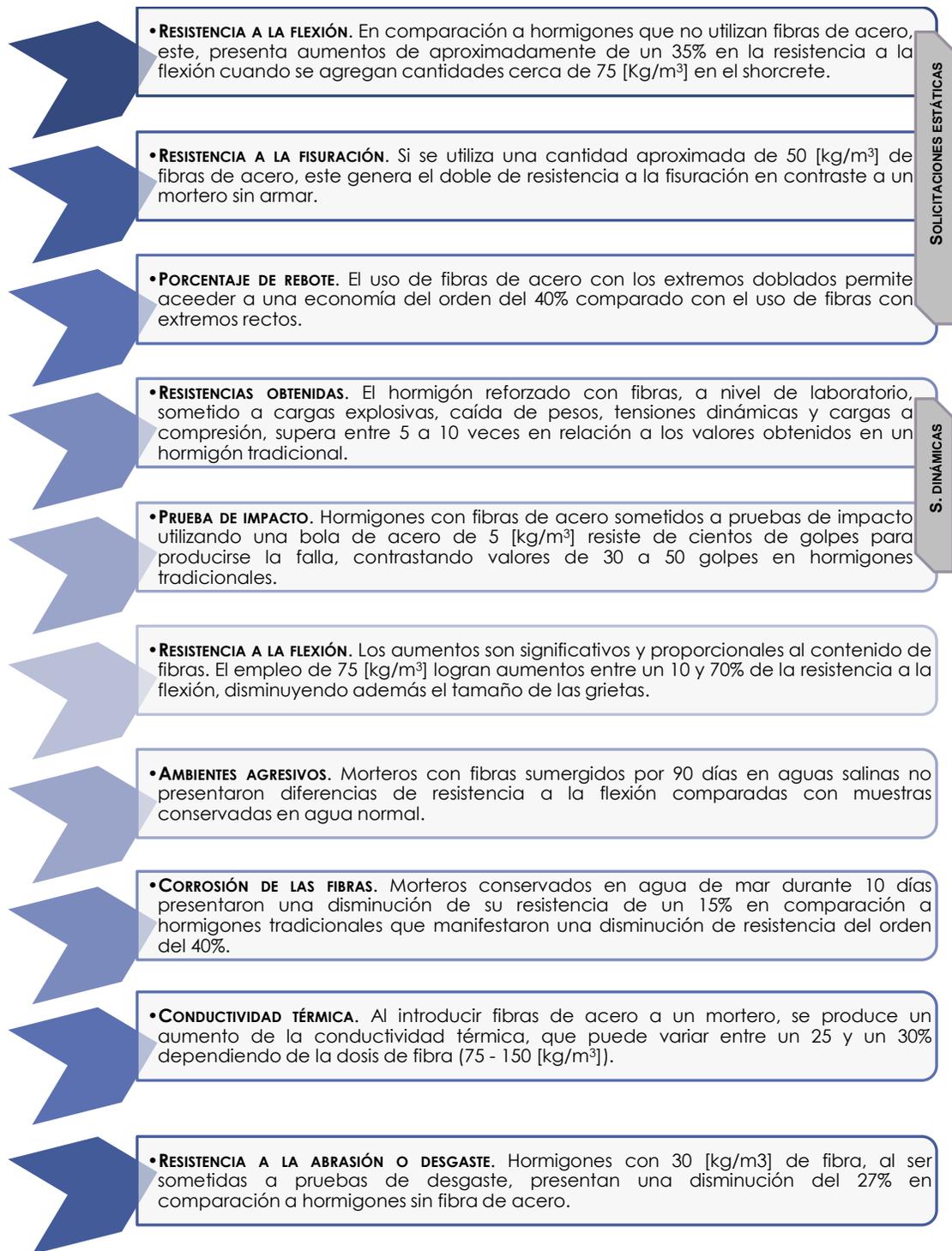
Habitualmente, al añadir fibras metálicas a la mezcla, se produce segregación de esta principalmente por la razón de aspecto mencionada anteriormente. No obstante, se debe conceder atención a otros elementos que pueden inducir este efecto en la mezcla, tales como la granulometría, la cantidad de fibras y árido grueso, la razón A/C y el método de mezclado propiamente tal.

Como se verá en el esquema 2.4, el uso de esta adición en el orden de 50 a 75 [kg/m³] del volumen total en el hormigón provee de propiedades benéficas, pero en la práctica se torna difícil el proceso de mezclado, por lo cual es aconsejable considerar en el diseño cantidades que no superen a 30 [kg/m³].

Principalmente, el uso de shotcrete con fibras de acero tiene lugar en obras de soporte donde la roca está sometida a riesgos activos de cargas inesperadas y, como se mencionó en el primer párrafo, gracias a la ductilidad conferida por las fibras de acero a este elemento estructural, el shotcrete adquiere mejoras llegando a aumentar entre 50 a 200 veces la energía de ruptura (ver tabla 2.5).

A modo de resumen, algunas ventajas que se despliegan con su uso son: aumento en la adherencia; capacidad de admitir deformaciones mecánicas elevadas sin producirse ruptura; resistencia a los impactos; resistencia a la erosión y abrasión; estanqueidad y resistencia a la congelación.

Esquema 2.4 Resumen de las propiedades específicas de las fibras de acero



Fuente: Investigación (Cordero León, Enero 2007)

Tabla 2.5 Diseño de la mezcla para *shotcrete* reforzado con fibra metálica

DISEÑO DE LA MEZCLA PARA SHOTCRETE REFORZADO CON FIBRA METÁLICA	Considerando los efectos negativos que tienen las fibras sobre el bombeo y la proyección, para contrarrestar aquello, el shotcrete reforzado con fibras debe ser acompañado con el uso de microsílíce y aditivos.
	Para lograr una óptima adherencia entre el concreto y la fibra de acero, se debe incorporar microsílíce con un agregado de tamaño máximo de 8 [mm].
	El contenido de material fino debe ser mayor, teniendo en cuenta un mínimo de 400 [kg].
	Respecto al asentamiento de cono, este debe ser mín. 20 +/- 2 [cm], por tanto, es necesario una dosis mayor de aditivos plastificantes.
	Por razones de anclaje, el tamaño de las fibras debe ser al menos el doble del tamaño del agregado máximo.
	El largo de la fibra no debe ser mayor a 50 o 60% del diámetro de la manguera. Por consiguiente, para proyección manual, la máxima longitud de fibra normal es 25 [mm]; mientras que para robots con mangueras de 65 [mm], es posible proyectar con fibras de hasta 40 [mm].

Fuente: (Melbye, Enero 2002).

2.3.5.1.2) Fibras sintéticas

El agrietamiento en el hormigón puede ser originado por diversas causas y de diversos tipos. Entre los más usuales, se encuentra agrietamientos por asentamientos plásticos, que se producen por exceso de exudación o asentamiento restringido; agrietamientos por retracción plástica, que se provocan por la rápida pérdida de agua; agrietamientos por contracción térmica a edad temprana, que se engendran por el exceso de calor de hidratación o una alta gradiente de temperatura y, finalmente, agrietamientos por retracción hidráulica a largo plazo, ocasionados por juntas insuficientes o por deficiencia en el curado.

En apreciación de lo anterior, el uso de fibras sintéticas apunta a disminuir el riesgo de fisuración en el hormigón, lo que no es innovador desde el punto de

vista histórico, porque existen antecedentes que señalan que en estructuras como los Muros de Mesopotamia, que datan del año 1400 A.C., o la Muralla China, que data del año 214 a.C., ya se utilizaban elementos vegetales como ramas o raíces con el fin de otorgar ciertos refuerzos a las estructuras.

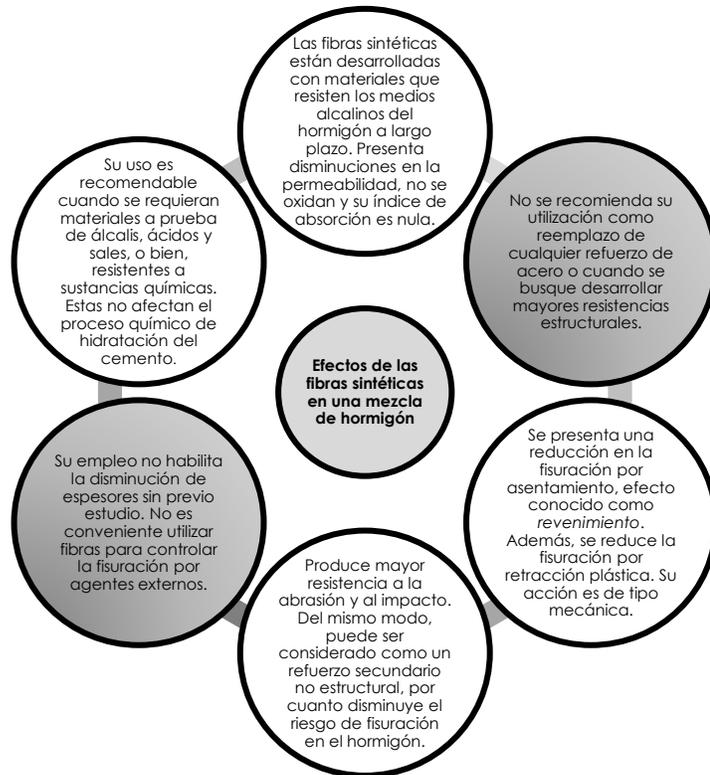
Respecto a los esfuerzos generados por la contracción en el hormigón, el uso de fibras sintéticas, que físicamente son cortas, delgadas, duraderas y resistentes, solventan problemáticas que devienen de la retracción plástica en el concreto.

Usualmente, en el caso de las micro fibras sintéticas, estas se incorporan en la mezcla en dosis que fluctúan entre 1 y 2 [kg/m³] formando un material diversificado compuesto por elementos cuyas propiedades originan ventajas en relación al hormigón convencional, no obstante, respecto a sus propiedades mecánicas particulares, estas son similares a las del concreto, lo que su participación tiene lugar en la fase plástica del endurecimiento, favoreciendo la distribución de las micro fisuras y, por lo tanto, una mejor corrección superficial. Análogamente, su uso tiene incidencia en el porcentaje de rebote reduciendo la cantidad de material perdido y, del mismo modo, discurriendo en sus efectos positivos, mejora la resistencia del shotcrete cuando este está expuesto al fuego, además de incrementar la resistencia al impacto entre 2 a 5 veces considerando una dosificación promedio sujeta a los parámetros establecidos a comienzos del presente párrafo.

En lo que concierne al uso de macro fibras sintéticas; este proceso conlleva dificultades de bombeo por su relación con el cambio del asentamiento de cono, el cual disminuye resultando en sí un material menos trabajable, por ende, el empleo de fibras debe ser acompañado con modificaciones en la mezcla de modo tal que se obtenga un cono mayor y, en efecto, un material con mayor fluidez. Se

conoce que normalmente la pérdida de consistencia es variable y está sujeta a varios factores. (Ver esquema 2.5)

Esquema 2.5 Resumen de efectos de las fibras sintéticas en el *shotcrete*



Fuente: Elaboración a partir de investigación basada en artículo técnico de la NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association).

Esquema 2.6 Fibras de acero y sintéticas; comparación



Fuente: Elaboración propia basado en (Melbye, Enero 2002)

En el esquema anterior (esquema 2.6), se puede contemplar una comparación realizada entre fibras de acero y fibras sintéticas, en donde se destaca la participación que otorga el uso de fibras sintéticas en el hormigón cuando es sometida al ensayo de la placa de la EFNARC, no obstante, aquellos valores empleados, como se mencionó anteriormente, generan inconvenientes en la colocación del hormigón, lo que en la práctica se traduce en dosificaciones que involucran contenidos de fibra que no superan los 7 - 8 [kg/m³] de hormigón proyectado.

2.3.5.1.3) Otras fibras

Existen fibras que en el hormigón o mortero, actualmente, están en desuso, o bien, su uso es poco común, debido a las propiedades que conceden. Entre ellas se encuentran las fibras de vidrio que, cuyas cualidades mecánicas, no otorgan ventajas al shotcrete porque, a medida que el hormigón va madurando y en su proceso de endurecimiento se originan los cristales, estos fragilizan y destruyen las fibras haciendo que estas no se presenten como un material permanente en el hormigón.

Por otro lado, existen las fibras de carbono que, si bien sus propiedades mecánicas son superiores a las del hormigón y el acero, constituyéndose ideales para el soporte de rocas, sus costos son altos y en la mayoría de los casos se opta por utilizar otro tipo de fibra. En ensayos de tracción *pull off*¹, esta fibra puede alcanzar fácilmente una capacidad de carga de 700 [N].

Imagen 2.4 Fibras utilizadas en hormigón proyectado



FIBRA METÁLICA



FIBRA SINTÉTICA

Fuente: investigación.

¹ Los ensayos de tracción *pull off* se utilizan para conocer las propiedades mecánicas del sustrato en términos de adherencia, sometiendo una pequeña sección de la superficie del elemento estructural a esfuerzos de tracción directa. El ensayo equivalente en Chile está regulado por la norma chilena NCh2472.Of2000.

2.3.5.2) Humo de sílice

Conocidas también con el nombre de microsílíce, este material está constituido por un polvo de gran finura (20 a 25 veces superior a la del cemento) y con un elevado contenido de sílice (entre el 90 y 100%) que, en términos generales, surge como un producto secundario en el proceso de fabricación de metales en base a silicio o ferro silicio. Básicamente, cuando los vapores de monóxido de silicio oxidados convertidos en dióxido de silicio son enfriados rápidamente, produce, por condensación, un polvo de ácido de silicio; producto que es considerado como una puzolana reactiva, la cual, puede ser añadida en mezclas en base a cemento. Por su alta actividad puzolánica, su aplicación es frecuente cuando se busca obtener hormigones de alta resistencia especialmente a edades inferiores a 28 días.

El uso de esta adición en el hormigón produce mejoras en la adherencia, además, disminuye el porcentaje de rebote, aumenta las resistencias iniciales y finales y, por último, mejora su trabajabilidad e impermeabilidad.

El empleo de microsílíce en el hormigón proyectado debe ser acompañado de superplastificantes ya que a causa de su elevada finura (superficie específica de 180.000 – 250.000 [cm²/kg]) y alta demanda de agua (ver esquema 2.7), al ser añadida a la mezcla de hormigón, este aumenta su consistencia, en donde, si se utiliza en dosis elevadas, superiores al 10% en razón al peso del cemento, la manejabilidad del hormigón se torna difícil, por lo que la dosis óptima está comprendida entre 7 y 10%. El rol del aditivo superplastificante en la mezcla es obtener la defloculación de la microsílíce y, en consecuencia, una buena distribución de esta en la pasta de cemento. Por otro lado, gracias a la alta

dispersión de los granos de cemento que produce el aditivo superplastificante se obtiene la defloculación del mismo cemento.

Según bibliografía consultada su aplicación en hormigones proyectados se está desarrollando e incorporando recientemente, en donde, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas, esta adición, otorgan propiedades y beneficios al hormigón en su estado fresco y endurecido.

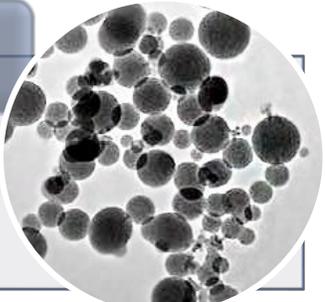
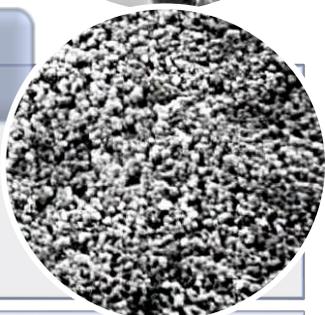
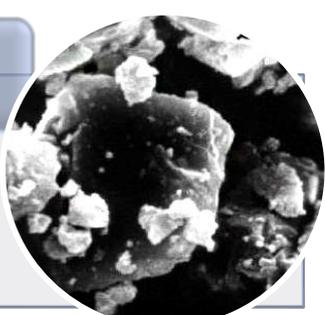
En consideración de lo expuesto precedentemente, se han realizado estudios que demuestran los resultados y efectos que tiene la combinación de microsilíce y nanosilíce en el mortero (lo que no es objeto de esta investigación), los cuales, a modo de resumen, se alistan las ventajas generadas y el cambio efectuado en el material respecto a algunas propiedades:

Trabajabilidad. En morteros con nanosilíce presenta una notoria consistencia en comparación al uso de microsilíce, mas, combinando ambos elementos, se obtiene excelente fluidez y viscosidad considerando que, junto con una óptima dosificación, se puede acondicionar la mezcla para obtener la más alta resistencia a la compresión; discurriendo en esto, la aplicación separada de estos productos no produce este efecto, lo cual, se posiciona como una información relevante cuando se desea obtener un mortero que demande alta resistencia armonizada con una excelente trabajabilidad; tales casos son grouting o shotcrete.

Resistencia a la flexotracción. No presenta mayores observaciones con el uso combinado de nanosilíce, pero al utilizar solo nanosilíce, con un óptimo del 0,5%, se contempla una mejora en esta propiedad mecánica.

Resistencia a la compresión. Según el estudio consultado, cuando se utiliza solo microsílíce, la dosis óptima para todas las razones de agua-cemento se aproxima al 5%, la cual responde a variaciones de la resistencia del orden del 13%. En cambio, la dosis óptima de nanosílíce, para todas las razones de A/C, disminuye a un 0,5% generando aumentos de hasta un 20% en las resistencias a la compresión. El uso combinado, considerando la microsílíce como aditivo base constante, para sus diferentes incorporaciones, el uso óptimo de nanosílíce para todas las razones de A/C bordea el 1,0% produciendo variaciones en la resistencia que se deslindan entre un 19 y 27%. (Pérez Bahamonde, 2008)

Esquema 2.7 Cuadro comparativo de propiedades físicas de microsílíce, nanosílíce y cemento

<p>NANOSÍLICE</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie específica: 200.000 - 10.000.000 [cm²/gr]. • Tamaño de partículas: 3 - 150 [nm] (nanómetro). • Apariencia: líquido. • Densidad: aproximadamente 1.030 ± 20 [kg/m³]. 	
<p>MICROSÍLICE</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie específica: 180.000 - 200.000 [cm²/gr]. • Tamaño de partículas: 0,1 - 0,2 [μm] (micrones). • Apariencia: polvo seco. • Densidad: aprox. 300 kg/m³]. 	
<p>HUMO DE TABACO</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie específica: 100.000 [cm²/gr]. 	
<p>CENIZAS VOLANTES</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie específica: 4.000 - 7.000 [cm²/gr]. 	
<p>CEMENTO PORTLAND</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie específica: 3.000 - 4.000 [cm²/gr]. • Tamaño de partículas ≈ 15 [μm]. • Apariencia: polvo seco. • Densidad: aprox. 1.500 [kg/m³]. 	

Fuente: (Pérez Bahamonde, 2008).

2.4) SISTEMAS DE PROYECCIÓN

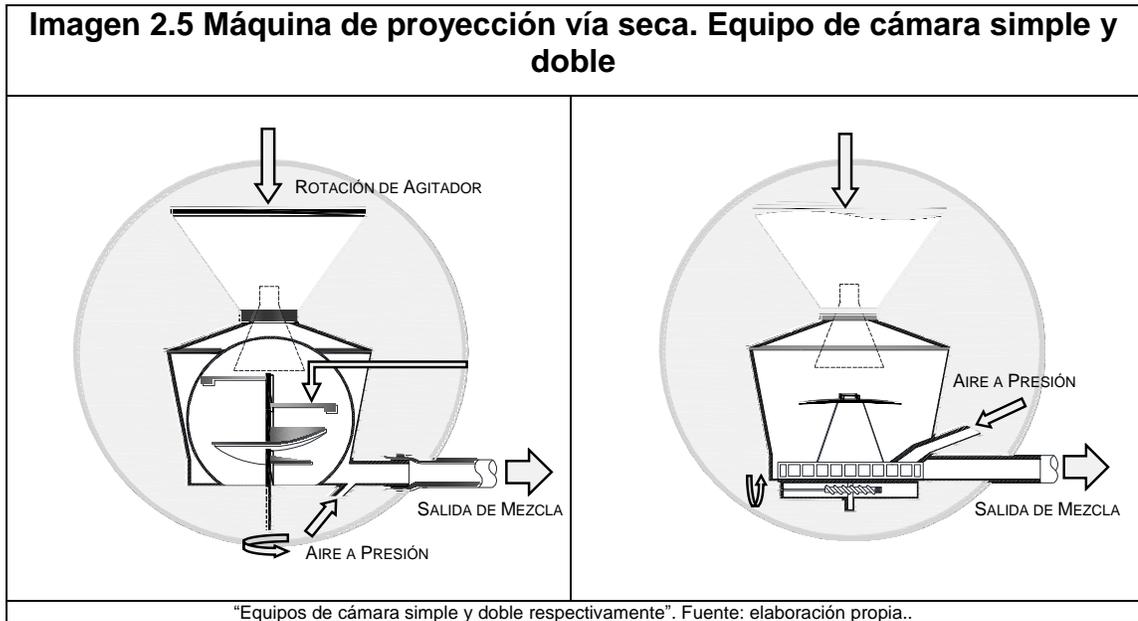
Los altos niveles de exigencias en obras subterráneas obligan a los subcontratistas optar por la utilización de equipos confiables que otorguen ventajas respecto a las soluciones técnicas, eficacia, calidad y plazos de entrega de sus trabajos. La selección de los equipos de proyección es importante y está sujeta a varios factores, tales como aprovisionamiento, logística, operaciones, etc. En Chile se utilizan desde sistemas de aplicación manual, hasta sistemas altamente robotizados.

2.4.1) Equipos de proyección para mezcla seca

El sistema de aplicación manual se realiza mediante el uso del equipo de aplicación manual; máquinas de simple o doble cámara o máquinas con rotor (rotatorias; alimentación continua).

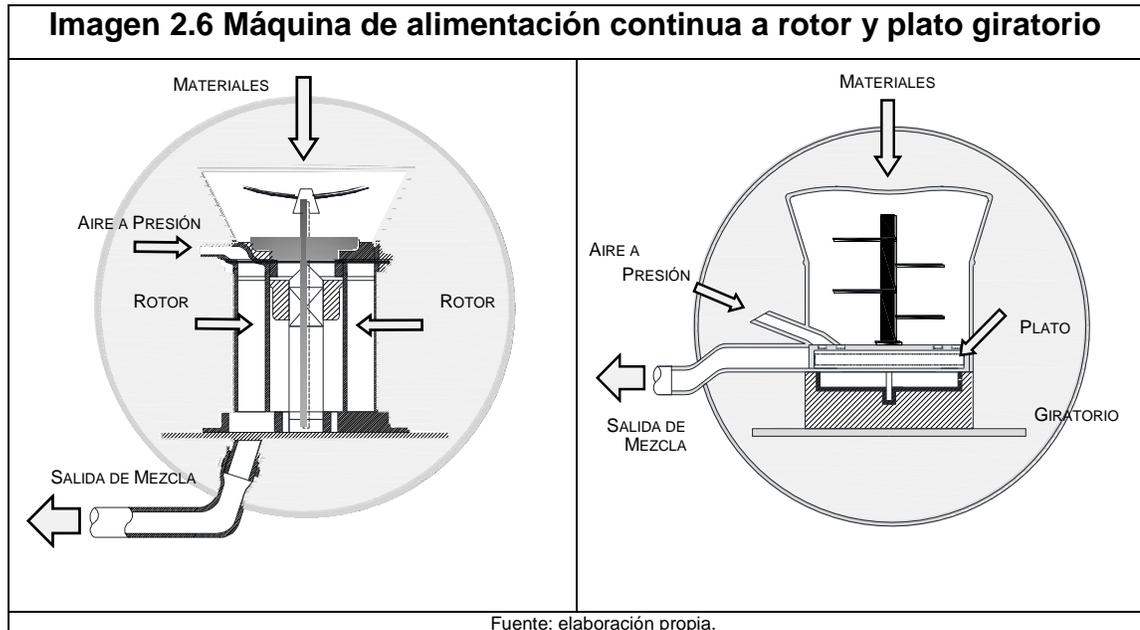
2.4.1.1) Máquinas de cámara simple o doble

La diferencia entre la máquina de simple y doble cámara radica en que en la primera cuando se efectúa el llenado de la cámara esta se tapa e impide el aprovisionamiento continuo, en cambio, la de doble cámara facilita un trabajo más eficiente gracias al uso de la cámara como compuerta de aire mientras se suministra material (ver imagen 2.5).



2.4.1.2) Máquinas de alimentación continua

Respecto a las máquinas de alimentación continua, estas se subdividen en dos tipos, la máquina rotatoria de rotor y la máquina de plato rotatorio que, básicamente, ambas se alimentan a través de la tolva en donde, por acción de la fuerza de gravedad, el material desciende a las cavidades del rotor, este, revuelve la mezcla y luego se agrega aire a presión por arriba la cual expulsa la mezcla (ver imagen 2.6).

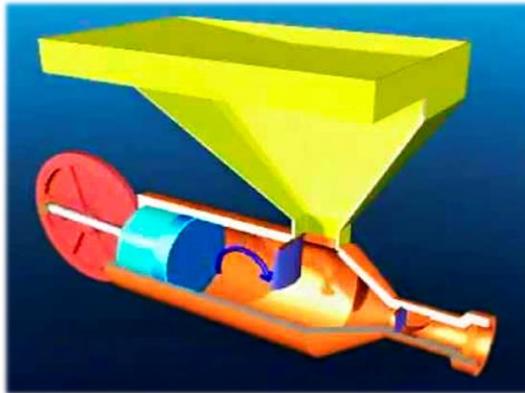


2.4.2) Equipos de proyección para mezcla húmeda

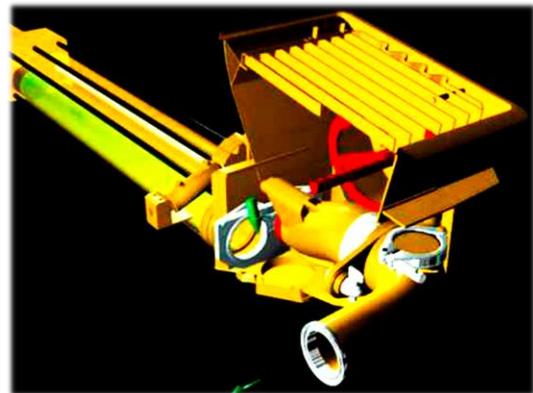
2.4.2.1) Aplicación manual

Dentro de la variedad de equipos que se presentan para la aplicación manual de mezclas húmedas, los más utilizados son las bombas de doble pistón cuyo funcionamiento es en base a la compresión de aire (bombas neumáticas), o bien, bombas de desplazamiento que funcionan en base al aumento de presión generado por el empuje de las paredes de las cámaras; son conocidas también como bombas de inyección o bombas volumétricas (ver imagen 2.7).

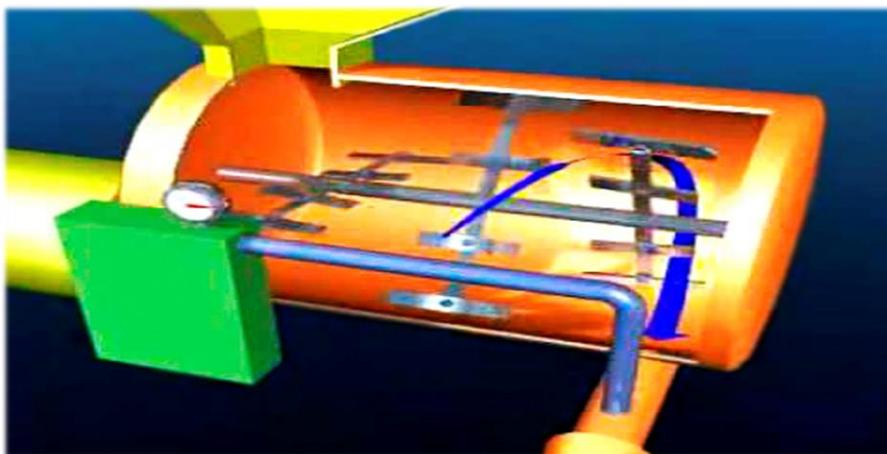
Imagen 2.7 Modelos representativos de bombas



Modelo representativo de bomba en base a pistón.
Fuente: <http://i.ytimg.com/vi/P3TLyBiuzcM/0.jpg>



Modelo representativo de bomba en base a doble pistón.
Fuente: <http://i.ytimg.com/vi/vb5WTiwuTc/hqdefault.jpg>



Modelo representativo de bomba de inyección.
Fuente: <http://i.ytimg.com/vi/3FwHS5FJP6s/hqdefault.jpg>

2.4.2.2) Sistemas mecanizados

El uso de sistemas mecanizados otorga ciertas ventajas ya que reduce los ciclos de proyección, disminuye costos y aumenta la productividad debido a que descienden los porcentajes de rebote y los tiempos de trabajo gracias a un alto rendimiento volumétrico, se pueden acceder a espacios de trabajo de difícil alcance, el operador tiene mejores condiciones de trabajo y, del mismo modo, corre menos riesgos de accidentes.

2.4.2.2.1) Equipos robotizado para hormigón proyectado

Estas máquinas tienen la bomba que impulsa la mezcla incorporada en su vehículo móvil, la boquilla montada en el brazo proyector y su manejo se puede realizar a distancia mediante un control de mando remoto. Actualmente, se han desarrollado robots de proyección controlados computacionalmente que permiten la realización de la proyección de hormigón en procesos totalmente automáticos. Si bien, el fin que se busca no es automatizar todo el trabajo, esta tecnología si genera ventajas y permite mejorar los procesos y trabajar de forma más eficiente con un nivel de calidad superior operando de forma tal que se solventen las exigencias ambientales (ver imagen 2.8).

Imagen 2.8 Equipo de proyección mecanizado



Fuente: Putzmeister Sika.

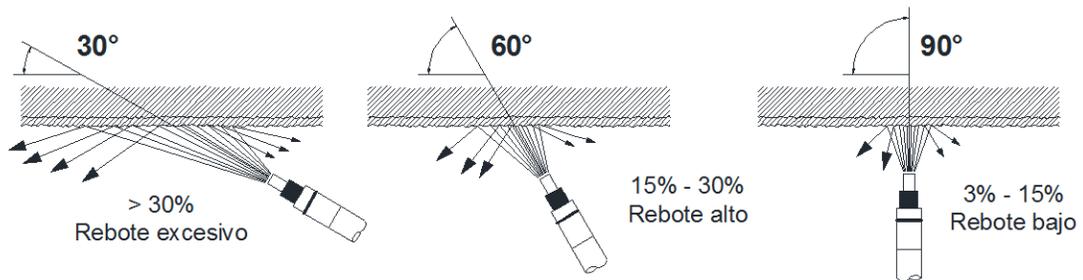
2.4.3) Boquilla de proyección y su incidencia en el rendimiento

La proyección del hormigón desde la boquilla hasta el sustrato influye, principalmente, la pericia del operador; esto está dado por la distancia entre la boquilla y la superficie. Si esta distancia es pequeña, la fuerza de impacto de la nueva capa que se está proyectando remueve la capa anterior generando

pérdidas de material por rebote. Análogamente, si la distancia no es exigua, es decir, si la separación es excesiva, la proyección tendrá poca fuerza de impacto, ocasionando una mala adherencia y, en consecuencia, una densidad inapropiada para el hormigón provocando el desprendimiento de este.

En términos generales, los porcentajes de rebote se ven condicionados principalmente por el ángulo de proyección entre la boquilla y el sustrato (ver imagen 2.9), por el uso de aditivos y, eventualmente, la dosificación del acelerante, por la distancia entre la boquilla y el sustrato, por la presión del aire comprimido y, finalmente, por el área de aplicación en el túnel. A modo de ilustración, en la siguiente imagen, se puede visualizar la pérdida de material en relación al ángulo de proyección sobre el sustrato.

Imagen 2.9 Rebote de hormigón en relación a la inclinación de la boquilla



Fuente: elaboración propia.

2.4.4) Resumen de equipos y herramientas que operan en conjunto con el shotcrete

Tabla 2.6 Resumen de equipos utilizados en excavación, sostenimiento y proyección de hormigón en túneles y piques

RETROEXCAVADORA

- Se asocia con el proceso de demolición del ojo de túnel, con la excavación de túnel y con la colocación de malla y marco.

CARGADOR FRONTAL

- Tiene relación con el retiro de marina, relleno temporal y carguío de equipos y materiales.

EQUIPO DE LEVANTE - PLATAFORMA DE ELEVACIÓN

- Se utiliza para la colocación de malla y marco y, en conjunto, para la aplicación de shotcrete.

GRÚA TORRE Y PUENTE GRÚA

- Se emplea para movilización de equipos, retiro de marina, movimientos de material de relleno y suministros.

MARTILO NEUMÁTICO, MARTILLO ELÉCTRICO Y PERFORADORA

- Se ocupan para demolar el ojo de túnel y en la colocación de espárragos; excavación y subexcavación.

EQUIPO PRODUCTOR DE SHOTCRETE

- Se manipula para la producción y aplicación de shotcrete.

ROBOTS DE PROYECCIÓN

- Para ejecución de la proyección de hormigón.

HERRAMIENTAS MANUALES

- Excavación y sostenimiento.

EQUIPOS DE ILUMINACIÓN, SISTEMAS DE BOMBEO Y VENTILACIÓN

- Utilización permanente.

RED DE AGUA Y AIRE

- De las cuales se efectúa la excavación y sostenimiento.

SISTEMAS DE CONTROL DE LA POLUCIÓN

- En procesos de demolición y aplicación del shotcrete.

ACUÑADORES DE DIFERENTES MEDIDAS Y TIPOS

- Para perfilados manuales y excavación.

Fuente (Winkler, 2005)

2.5) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Cuando se proyecta hormigón, generalmente surgen tareas secundarias tales como proveer servicios de electricidad, agua, iluminación, ventilación, entre otros, los cuales, complementan la aplicación del shotcrete. Estos a su vez deben cumplir con ciertas condiciones que facilitan el buen desempeño de la producción. Por otro lado, la capacitación del operador, su formación y entrenamiento, es relevante ya que es de él en quien finalmente se depende para la colocación correcta del hormigón.

Según el Centro Tecnológico del Hormigón, en el Manual de Especificaciones para Hormigón y Mortero Proyectado, existe un procedimiento rudimentario practicado convencionalmente que se puede simplificar en la tabla 2.7:

Tabla 2.7 Ejecución del proceso de proyección

Trabajo preparatorio	
Para el soporte de rocas	Retirar las rocas débiles o sueltas de la superficie; proceso conocido como <i>acuñamiento</i>
	Cuando sea posible, lavar la superficie con agua o aire a presión
	Realizar evaluación geológica que defina el tipo de sostenimiento necesario
	Drenar fugas de agua y evitar la existencia de agua sobre la superficie de la roca
Para reparar el hormigón	Determinar la condición de la estructura
	Identificar y eliminar toda causa de deterioro
	Retirar el sustrato suelto o defectuoso dejando una superficie firme
	El caso de que el sustrato de hormigón se encuentre carbonatado o penetrado por los cloruros, el hormigón debe ser re-alkalinizado o se deben retirar los cloruros. Si lo anterior no es posible, el hormigón contaminado debe ser retirado conservando la integridad estructural
Ejecución de la proyección	
Humedecer previamente siempre cuando no se especifique lo contrario	
Rellenar las cavidades antes de la aplicación principal	
Comenzar a proyectar el hormigón desde la base hacia arriba	
Respecto a la superficie principal, la dirección de la boquilla debe ser de 90°	
Por lo general, la distancia entre la superficie proyectada y la boquilla fluctúa entre uno a dos m	

Fuente: Elaboración propia basada en el Manual de Especificaciones para Hormigón y Mortero Proyectado del Centro Tecnológico del Hormigón (CTH).

2.5.1) Recomendaciones para una correcta aplicación

2.5.1.1) Tratamiento superficial

Cuando se habla de un tratamiento superficial, se refiere a las labores que preceden a la aplicación del shotcrete tales como un levantamiento de las singularidades que se presenten en la superficie entre las cuales, las más comunes son: grietas, fisuras y material suelto. En este aspecto, materiales con riesgo de desprendimiento producto de grietas preexistentes u originadas por la tronadura, se pueden acuñar mediante una barretilla de seguridad. Es recomendable, para obtener una buena adherencia, limpiar la superficie comenzando por la parte superior e ir descendiendo (no obstante, la proyección de shotcrete se ejecuta por la parte inferior y luego ir ascendiendo); acto que se realiza por medio de la boquilla de proyección con aire comprimido y, eventualmente, arena o agua.

La dosis de agua debe ser a conveniencia tal que convierta la superficie seca en un sustrato que no absorba el agua del hormigón. Análogamente, el humedecimiento no debe sobresaturar el sustrato a modo que cause el escurrimiento del hormigón o mortero. En el caso de existir flujos de agua o napas, estas se deben sellar antes de aplicar el material; acto que se puede realizar inyectando lechada de cemento en las grietas lo cual impide la infiltración de agua. Una de las inyecciones utilizadas con alta frecuencia son las denominadas Grouting, usadas para eliminar filtraciones de agua o consolidar sectores con fractura.

En casos donde la superficie está conformada principalmente por arena, se recomienda revestir el sustrato con una fina capa de mortero, la que impedirá la separación entre la capa de hormigón y la superficie inicial.

El acuñaamiento o, por definición, el acto de retirar el material suelto, se debe realizar bajo todas las circunstancias donde se presenten materiales que pueden ocasionar el desprendimiento del revestimiento aplicado en sistemas de fortificación o protección de la roca.

Finalmente, para comenzar, la proyección debe enfocarse inicialmente en el llenado de agujeros y grietas existentes y, como se mencionó antes, el lanzamiento se debe hacer desde abajo hacia arriba manteniendo la distancia conveniente y un ángulo de proyección que asegure una óptima compactación y adherencia.

2.5.1.2) Curado del hormigón *in-situ*

Desde un aspecto teórico-práctico se sabe que la necesidad de curar el hormigón o mortero influyen directamente en la resistencia final y la durabilidad considerada en el diseño del hormigón, por tanto, desde esta premisa, el curado del shotcrete se debe realizar bajo las mismas condiciones que se proponen para el curado del hormigón por los métodos convencionales sujetándose, claro está, a la norma de hormigón – requisitos generales NCh 170.Of85, con el objeto de mantener el hormigón en un ambiente saturado evitando la pérdida de agua del shotcrete, evitar cambios bruscos de la temperatura del hormigón y preservar el hormigón de acciones externas como el viento, cargas, etc.

El uso de agentes de curado que no permiten la adherencia del hormigón no está permitido si se debe proyectar otra capa de hormigón o mortero. Según el

CTH, en caso de emplear otra capa de hormigón sobre este tipo de agentes de curado, se deben realizar ensayos de adherencia entre las capas antes de comenzar la aplicación del shotcrete. Se sugiere, en caso de retirar el agente de curado, utilizar agua a presión, o aplicar la técnica del arenado. Se recomienda comenzar el curado del hormigón o mortero 20 minutos después de cada aplicación si en esta tuvo lugar el uso de aditivo acelerante, ya que la hidratación del cemento se realiza a pocos minutos después de la proyección; normalmente entre 5 a 15 min. En caso contrario, el curado se debe realizar una hora después de la proyección. Del mismo modo, se permiten los curados naturales si la humedad relativa es aproximadamente el 85%. En caso contrario, se deberán utilizar métodos convencionales tales como: compuestos formadores de membranas de curado; neblina de vapor; lloviznas tenues de agua; telas y tejidos absorbentes que no se mantienen continuamente húmedos o cualquier material que retenga la humedad sin dañar la superficie del hormigón. Pasada las 24 horas, se debe optar por mantener el material inicial de protección, o bien, reemplazarlo por riegos permanentes; arena u otros materiales similares que se mantienen continuamente húmedos.

En algunos países con vasta experiencia en shotcrete vía húmeda tales como Noruega y Suecia, se exige curar el hormigón con agentes de curado, lo cual, conlleva dos labores básicas de importancia en el material; una, aplicar el agente, y dos, la limpieza y retiro de este agente cuando se requiera aplicar una nueva capa sobre la existente. Se constata que el uso de agentes especialmente fabricados para el shotcrete, mejora la adherencia en un 30 – 40% en contraste al shotcrete sin curado, además de reducir la contracción y el agrietamiento, como también aumentar ligeramente la densidad y resistencia a la compresión a los 28 días.

2.5.1.3) Capacitación del operador

Se constata que cerca del 95% del éxito en la operación depende del operador, por tanto, la capacitación y certificación de los operadores para shotcrete manual o robotizado se hace cada vez más necesario en la industria del shotcrete. Es por esta razón, que empresas constructoras que participan en este mercado optan por recurrir a empresas externas especialistas en shotcrete con el objeto de asegurar la seguridad en obra y, por supuesto, la calidad.

Certificaciones de EFNARC o ACI otorgan conocimientos que muchas veces en la práctica no se logran tener en cuenta respecto a la sujeción de las especificaciones y, por su relevancia, la óptima y adecuada utilización de los equipos, además de habilitar al operador para su participación en proyectos internacionales.

2.5.1.4) Boquilla: Técnica de aplicación

Para una correcta colocación del hormigón se sugiere aplicar el shotcrete por medio de un movimiento circular u ovalado. De este modo, se evita que el material ruede o se desplace formando capas rugosas no uniformes, producto de los pliegues generados por la mala compactación.

La **distancia óptima** de la boquilla al sustrato varía entre 0,5 y 2,0 [m], pero esto está sujeto a factores como el tamaño máximo del agregado, la curva granulométrica y el área a cubrir, entre otros; se sugieren una distancia entre 0,5 y 1,0 [m] para trabajos de reparación; entre 0,5 y 1,5 [m] para soportes de roca vía manual y entre 1,0 y 2,0 [m] para soportes de roca con el uso de equipos robotizados.

Para los **espesores de las capas**, esto dependerá del espesor final especificado. No obstante, se sugiere para la primera capa de hormigón, un espesor delgado de 50 [mm] aprox. Por consiguiente, las capas siguientes podrán tener espesores entre 50 y 200 [mm] hasta conseguir el espesor final.

2.6) DISEÑO DEL SHOTCRETE

La distribución de los componentes del hormigón proyectado se sujeta a los mismos parámetros del hormigón convencional. Dependiendo del uso final del shotcrete, se realizan ajustes en cuando a la adición de los materiales que integran la mezcla con el fin de acondicionar el material para las solicitaciones a las cuales estará sometido el hormigón; los factores que intervienen en la disposición de la mezcla son generalmente aspectos de resistencia, condiciones de servicio, estabilidad, durabilidad, resistencia al fuego, impermeabilidad u otros.

2.6.1) Curvas granulométricas recomendadas para los áridos

Respecto a las partículas finas que derivan de los áridos ($< 0,300$ mm), estas, si la humectación no es adecuada, pueden originar una mayor liberación de polvo. Del mismo modo, el uso de arenas más finas, por lo general, induce altos índices de retracción en el hormigón; análogamente, el uso de arenas más gruesas provoca un aumento en el rebote (ver tabla 2.8).

Una forma de calcular la curva combinada de áridos según el ICH es la siguiente (ver gráfico 2.1):

1. Determinar la masa de cada fracción individual en el diseño de la mezcla considerando sus pesos específicos (los agregados deben estar en su condición saturado superficialmente seco – SSS).

2. A partir de la masa en kg/m^3 , definir la proporción en porcentaje del total en peso considerando áridos de 10 y 5 mm y arena gruesa y fina.

3. Luego, obtener el porcentaje que pasa en cada una de las aberturas de los tamices para los cuatro tipos de áridos en forma individual.

4. Luego, multiplicar el porcentaje de la proporción de cada árido por el porcentaje individual de cada uno de los porcentajes de áridos que pasó por los tamices de forma individual.

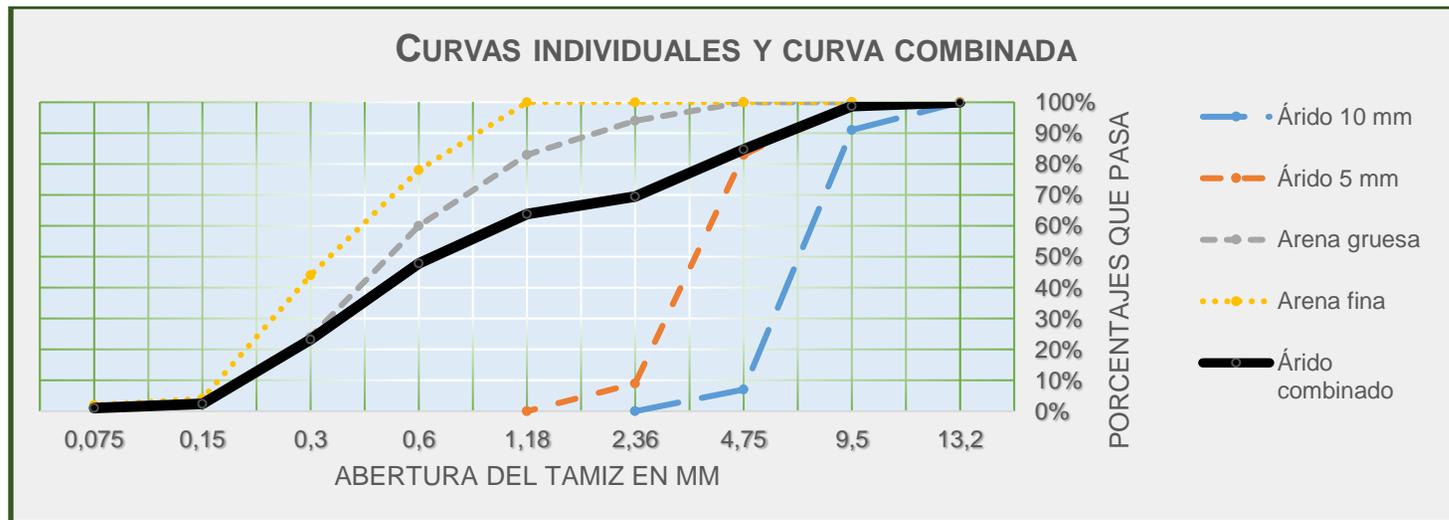
5. Finalmente, sumar el porcentaje de árido combinado de cada uno de los tipos de áridos y, de esa forma, obtener la curva de árido combinado total

Tabla 2.8 Ejemplo para cálculo de árido combinado

Tipo de árido	Masa de árido (kg/m³) (SSS)	Proporción del total (en peso)	Tamiz mm	Árido 10 mm 13,3%		Árido 5 mm 16,3%		Arena gruesa 39,1%		Arena fina 31,3%		Árido Combinado Suma columna 3,5,7 y 9
				%	%	%	%	%	%			
				individual	combinado	individual	combinado	individual	combinado	individual	combinado	
10 mm	224	13,3%	13,2	100%	13,3%	100%	16,3%	100%	39,1%	100%	31,3%	100,0%
5 mm	273	16,3%	9,5	91%	12,1%	100%	16,3%	100%	39,1%	100%	31,3%	98,8%
Arena gruesa	657	39,1%	4,75	7%	0,8%	83%	13,5%	100%	39,1%	100%	31,3%	84,8%
Arena fina	526	31,3%	2,36	0%	0,0%	9%	1,5%	94%	36,8%	100%	31,3%	69,5%
Total	1680	100,0%	1,18		0,0%	0%	0,0%	83%	32,5%	100%	31,3%	63,8%
			0,6		0,0%		0,0%	60%	23,5%	78%	24,4%	47,9%
			0,3		0,0%		0,0%	24%	9,4%	44%	13,8%	23,2%
			0,15		0,0%		0,0%	3%	1,2%	4%	1,3%	2,4%
			0,075		0,0%		0,0%	1%	0,4%	2%	0,6%	1,0%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2.1 Curvas individuales y curva combinada



Fuente: Elaboración propia.

2.6.2) Dosificaciones

Las dosificaciones empleadas en obras de hormigón proyectado se sujetan básicamente a los métodos utilizados en hormigones convencionales; no obstante, en shotcrete se tiene especial cuidado en la graduación de los agregados y en el contenido de cemento. En términos generales, la dosificación consiste en determinar las proporciones de cada uno de los materiales componentes de la mezcla de manera tal que se obtengan las condiciones previstas para el hormigón. Para definir lo anterior, se debe prever anticipadamente cuáles serán las condiciones esperadas que deberían cumplir el hormigón o mortero. Las condiciones son particulares de cada obra y se someten a criterios o condiciones que definen y, a la vez, potencializan cada uno de los elementos a utilizar.

2.6.2.1) Criterios utilizados en la dosificación de hormigones proyectados

2.6.2.1.1) Condiciones de diseño

La característica que se relaciona con las condiciones de diseño son la resistencia. Los parámetros que condicionan la mezcla son:

1. El tipo de cemento
2. Razón A/C.

2.6.2.1.2) Condiciones de uso en obra

Las características que se relacionan con las condiciones de uso en obra son la docilidad, fluidez y consistencia. Los parámetros que condicionan la mezcla son:

1. Dosis de agua.
2. Granulometría.

3. Tamaño máximo.

2.6.2.1.3) Condiciones de durabilidad

Las características que se relacionan con las condiciones de durabilidad son las condiciones ambientales y ataques agresivos a las cuales está expuesto el hormigón. Los parámetros que condicionan la mezcla son:

1. Tipo de cemento.
2. Uso de aditivos.
3. Dosis mínima de cemento.

2.6.2.2) Dosificación tipo

Para ilustrar un tipo de dosificación utilizada en la actualidad para hormigones proyectados empleados en túneles del Metro de Santiago, se adjunta tabla, en la cual se puede contemplar las distintas proporciones utilizadas de cada uno de los componentes del shotcrete (ver tabla 2.9).

Tabla 2.9 Dosificación utilizada en metro línea 4

Material	Cantidad
Cemento Portland Puzolánico	480,0 Kg/m ³
Árido	1592,0 Kg/m ³
Agua	198,0 kg/m ³
Adición de micro sílice	19,0 Kg/m ³
Aditivo acelerador de fraguado	33,6 Kg/m ³
Aditivo superplastificantes	38,4 Kg/m ³
Adición de fibra de metal	25,0 Kg/m ³
Total	2386,00 Kg/m³

Fuente: (Cordero León, Enero 2007)

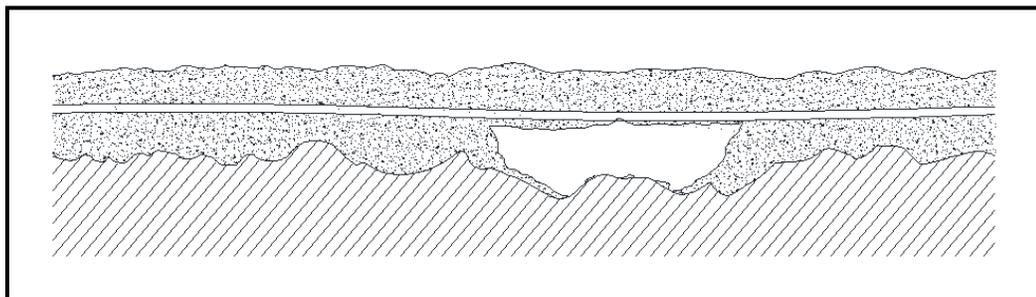
2.7) SINGULARIDADES EN LA COLOCACIÓN DEL SHOTCRETE

Los aspectos que intervienen en la colocación del hormigón proyectado van desde la selección de una granulometría combinada adecuada para el tipo de uso al cual se le dará al hormigón, hasta la ubicación en la cual está emplazada la obra por lo que, hasta la selección de materiales, conlleva un análisis logístico para la obtención, disposición y utilización de los materiales constituyentes. No obstante, existen otras intervenciones en la calidad del shotcrete, con atributos técnicos, las cuales se detallan a continuación.

2.7.1) Efecto sombra

En la colocación del hormigón, cuando este es proyectado golpeando las barras de la malla de refuerzo, se produce el “efecto sombra” (ver imagen 2.10) o también conocido como “bolsillo de aire” que, en términos simples, se trata de una cavidad de aire que está atrapada entre la malla de refuerzo y el sustrato quedando, de este modo, revestido con shotcrete superficialmente pero con un espacio sin relleno que se traduce en una menor capacidad de soporte.

Imagen 2.10 Efecto sombra



Fuente: Elaboración propia.

2.7.2) Rebote

El material que cae o no se adhiere a la superficie después de la proyección se define como pérdida por rebote.

Estadísticamente, las pérdidas que se ocasionan por el rebote alcanzan en proyectos consideraciones que varían entre 150-200% [m³] de shotcrete. Se debe tener en cuenta que el rebote no es la única fuente de pérdida de material, sino que también lo es el relleno de grietas y cierto remanente que se merma en los equipos mismos de proyección.

Al hablar de rebote, los materiales finos constituyentes de la mezcla, ya sea arena y fibras, son proyectados sobre el sustrato a mayor velocidad en comparación a los agregados gruesos, los cuales, al ser lanzados a la superficie, estos rebotan por el hecho de no lograr adherirse a la capa de hormigón. Frente a estos hechos, el rebote es alto, alcanzando en algunos casos la totalidad de las partículas más grandes pero, una vez estableciéndose un cierto espesor de capa fina de cemento, arena y agua, el rebote se disminuye logrando adherirse los agregados gruesos al sustrato.

El porcentaje de rebote se puede disminuir aplicando una suave lluvia de material empleando boquillas de mayor calidad conectadas a un rotor de rocío compacto. Además, la técnica de proyección, naturaleza de los áridos, la distancia entre la boquilla y la superficie, la dosificación, el método de proyección, presión de proyección, la utilización de sílica fume, uso de aditivos, calidad de la superficie proyectada, razón A/C, la habilidad del operador, entre otros, son factores que influyen finalmente en el porcentaje de pérdida por rebote. (Sepúlveda Fariña, 2002)

2.7.3) Sustrato, condición y adherencia

El sustrato es la superficie de proyección sobre la cual es colocado el hormigón o mortero. La forma de la superficie de proyección influye en el rebote y en la adherencia, entre otros. En el caso del rebote, esta condiciona la pérdida debido a que si la superficie es irregular como una roca dentada, esto ocasionará una mayor pérdida por rebote producto de que el ángulo de rebote es el mismo que el ángulo de rebote, por tanto, en superficies lisas el rebote tiende a ser menor.

Respecto a la adherencia, esta es mayor cuando la superficie está sana, limpia y rugosa, antagónicamente, si la superficie se encuentra friable, fragmentada, la adherencia tiende a ser menor.

El sustrato debe estar libre de toda fuga de agua, las cuales, si existen, deben ser selladas o canalizadas antes de proyectar ya que el hormigón no solo puede resistir agua a presión en estado endurecido; en estado fresco se producen daños irreversibles en el material.

2.7.4) Tiempo de colocación

Hay veces en que la colocación del hormigón se atrasa y en consecuencia se obtiene un material de menor calidad producto del inicio de fraguado, o bien, por la disminución de su trabajabilidad. Estos imprevistos son comunes en obra al momento de aplicar el hormigón; por lo general, las causales más habituales son problemas en la tubería, en el equipo de proyección o la bomba de hormigón.

2.7.5) Espesores

Cuando se aplica hormigón proyectado, el espesor está dado por la pericia del operador; esto conlleva muchas veces a errores en el espesor de la capa de hormigón respecto a la especificada, lo cual, se traduce en una pérdida económica y, cuando el inspector técnico encargado detiene la obra, en retrasos en la faena.

2.7.6) Obstrucción de la manguera de transporte

Existen veces donde en la práctica el hormigón resulta tener áridos de mayor diámetro al especificado produciendo, en algunos casos, desfavorablemente, la detención del flujo de material que se transporta.

2.7.7) Mallas para el hormigón mal traslapadas

Como el título lo dice, en ocasiones las mallas utilizadas para armar y reforzar el hormigón proyectado quedan mal traslapadas produciendo “no cumplimiento” de la zona comprometida. (Winkler, 2005)

2.8) GUÍAS Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE REFIERE AL SHOTCRETE

La normativa nacional e internacional que refiere al hormigón proyectado que se utilizan como guía y respaldo técnico se señalan en la tabla 2.10:

Tabla 2.10 Guías y códigos internacionales referentes a shotcrete
<ul style="list-style-type: none"> •ACI 506R-05, Guide to shotcrete. •ACI 506.2-95, Specification for shotcrete. •ACI 506.1R-08, Guide to fiber-reinforced shotcrete. •ACI 506.5R-09, Guide for specifying underground shotcrete. •ÖVBB, Sprayed concrete guideline, 2009. •NB, Publication N° 7, sprayed concrete for rock support - technical specification, guidelines and test methods, 2002. •CIA-AuSS, Recommended practice shotcreting, 2°Ed, 2010. •UNE-EN 14487-1, 2008. Hormigón proyectado, parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad. •UNE-EN 14487-2, 2008. Hormigón proyectado, parte 2: Ejecución. •UNE-EN 14488-1, 2006. Ensayos de hormigón proyectado, parte 1: Toma de muestras de hormigón fresco y endurecido. •UNE-EN 14488-2, 2007. Ensayos de hormigón proyectado, parte 2: Resistencia a compresión del hormigón proyectado a corta edad. •UNE-EN 14488-3, 2007. Ensayos de hormigón proyectado, parte 3: Resistencia a flexión de probetas de vigas reforzadas con fibras. •UNE-EN 14488-4, 2006 + A1, 2008. Ensayos de hormigón proyectado, parte 4: Resistencia al arrancamiento de testigos mediante tracción directa. •UNE-EN 14488-5, 2007. Ensayos de hormigón proyectado, parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras. •UNE-EN 14488-6, 2007. Ensayos de hormigón proyectado, parte 6: Espesor de hormigón sobre un sustrato. •UNE-EN 14488-7, 2007. Ensayos de hormigón proyectado, parte 7: Contenido de fibras del hormigón reforzado con fibras. •EFNARC - European Specification for Sprayed, 1999. •EFNARC - European Specification for Sprayed Concrete, Guidelines for Specifiers and Contractors, 1999. •ACI 506.4R-94, Reapproved 2004, Guide for the Evaluation of Shotcrete. •ACI 214.4R-10, Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. •ACI 214R-11, Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete. •EFNARC - European Specification for Sprayed Concrete, Checklist for Specifiers and Contractors, 2002.
Fuente: (Pacheco, Septiembre 2012)

No obstante lo prescrito, en la tabla 2.11 se resumen las guías y códigos más relevantes referentes al shotcrete:

Tabla 2.11 Resumen de códigos relacionados con el hormigón proyectado

NORMATIVA Y DOCUMENTACIÓN INTERNACIONAL

ACI 506R-05. Guide to shotcrete

Editado por American Concrete Institute, ACI

- Aborda información acerca de materiales y propiedades tanto en método por vía seca como por vía húmeda. Además, contempla la mayor parte de los procesos del hormigón proyectado; procedimientos de aplicación, equipos y la relevancia que tiene el factor humado detrás de cada proyección. Otros temas como: prueba de calificación de los operadores, procesos pre-construcción, prueba de materiales y pruebas de aceptación final del hormigón proyectado son incluidos en esta guía.

ACI 506.2-95. Specification for shotcrete

Editado por ACI

- Se detallan las exigencias de construcción para la aplicación de hormigón proyectado, como también sus requisitos, aseguramiento de calidad, características del hormigón in situ, proyección y acabado. Se señalan además los estándares mínimos para hormigón vía húmeda y seca, respecto a especificaciones referentes a pruebas y materiales.

ACI 506.1R-08. Guide to fiber-reinforced shotcrete

Editado por ACI

- La temática de la incorporación de fibras sintéticas y metálicas son abordadas en este código. Se constata el mejoramiento en el hormigón adicionando fibras en cuanto a sus propiedades metálicas; dureza, impacto y fuerza flexural, entre otros. La descripción de las mejoras prescritas son adjuntadas junto con otras propiedades y ventajas que devienen con su incorporación (de fibras), tales como el control de retracción y agrietamiento. En conjunto, también se describen las proporciones de mezclas típicas, mezclas, agrupamiento y rudimentos de aplicación, adicionando además información y metodologías para reducir el porcentaje de rebote y la selección de equipos necesarios para la aplicación de shotcrete con el uso de fibras.

ACI 506.5R-09. Guide for specifying underground shotcrete

Editado por ACI

- Se constituye como una guía para diseñadores y contratistas enfocados en la aplicación de shotcrete en obras subterráneas. Tópicos como la selección de materiales que componen el hormigón proyectado, para los métodos típicos de dosificación, mezclado y manejo de materiales, como también los métodos de aplicación y los equipos relacionados.

EFNARC - European specification for sprayed concrete, 1999

Editado por European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete, EFNARC

- Se enfoca en el hormigón o mortero proyectado por medios neumáticos abarcando en particular temas relacionados con la composición de la mezcla, ejecución de la proyección y métodos de ensayo y control de calidad. Por otro lado, materias que conciernen a los trabajos preparatorios y preparación de la superficie para la proyección, son detallados en conjunto con las técnicas de proyección, las disposiciones para el hormigón que rebota, los reforzamientos, el acabado y los equipos que se utilizan.

NORMATIVA Y DOCUMENTACIÓN INTERNACIONAL

EFNARC - European specification for sprayed concrete, guidelines for specifiers and contractors, 1999

Editado por EFNARC

- Se especifican las exigencias esenciales para una correcta colocación de hormigón proyectado, considerando pautas para la composición y materiales constituyentes tales como el cemento, los áridos, aditivos, fibras, etc. La forma de proyección del shotcrete y los equipos involucrados son también abordados en este código. Por otro lado, se prescriben exigencias para el producto final, ya sea su resistencia a la compresión, módulos de elasticidad y energía de absorción. En conjunto con lo señalado anteriormente, se establecen los métodos de prueba necesarios para obtener dichos parámetros. Finalmente, se disponen los requisitos para el control de calidad, la seguridad ambiental y seguridad del personal.

Serie UNE-EN 14487. HORMIGÓN PROYECTADO

Editado por el Comité Europeo de Normalización, CEN, mediante la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR

UNE-EN 14487-1:2008, parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad

- Norma europea que establece requisitos, especificaciones y evaluación de conformidad aplicables para el hormigón proyectado utilizado para la reparación y mejora de estructuras, para estructuras nuevas y para el refuerzo del suelo.
- Esta norma europea es aplicable tanto para la mezcla húmeda así como a la mezcla seca de hormigón proyectado considerando principalmente los siguientes aspectos:
 - clasificación relativa a la consistencia de la mezcla húmeda;
 - clases de exposición mediambiental: hormigón joven, endurecido y reforzado con fibras;
 - requisitos para los materiales constituyentes, para la composición del hormigón y para la mezcla básica, para el hormigón fresco y endurecido y todos los tipos de hormigón proyectado con fibra;
 - especificación para mezclas diseñadas y prescritas;
 - conformidad.
- Respecto a los sustratos a los cuales se puede aplicar el hormigón proyectado se incluyen:
 - suelo (rocas y tierra);
 - hormigón proyectado;
 - diferentes tipos de encofrado;
 - componentes estructurales constituidos de hormigón, fábrica y acero;
 - materiales de drenaje;
 - materiales aislantes.

UNE-EN 14487-2:2008, parte 2: Ejecución

- Norma europea que establece la documentación, los trabajos preparatorios, la armadura, los equipos, la preparación del lote, mezclado y entrega del hormigón, la ejecución de la proyección, las tolerancias geométricas y la inspección aplicables para el hormigón proyectado utilizado para refuerzo del terreno, reparación y mejora de estructuras existentes y estructuras autoportantes.
- Esta norma especifica los requisitos para la ejecución de hormigón proyectado mediante procesos tanto en húmedo como en seco siendo aplicable tanto para estructuras temporales como permanentes.
- En este código no se cubren aspectos de seguridad y salud en la ejecución y, análogamente, no establece los requisitos para el aseguramiento de la calidad y para la cualificación del personal para las distintas actividades.

NORMATIVA Y DOCUMENTACIÓN INTERNACIONAL

Serie UNE-EN 14488. ENSAYOS DE HORMIGÓN PROYECTADO

Editado por el Comité Europeo de Normalización, CEN, mediante la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR

UNE-EN 14488-1:2006, parte 1: Toma de muestras de hormigón fresco y endurecido

- En esta norma se especifica un método para la toma de muestras de hormigón proyectado fresco o endurecido dependiendo de la propiedad a determinar y de método de ensayo que se debe aplicar para su determinación.

UNE-EN 14488-2:2007, parte 2: Resistencia a compresión del hormigón proyectado a corta edad

- En esta norma se especifican dos métodos a partir de los cuales se puede realizar una estimación de la resistencia a compresión *in situ* del hormigón proyectado endurecido a corta edad evaluándose, por los métodos A y B, resistencias que fluctúan en intervalos de 0,2 [MPa] a 12 [MPa] y de 3 [MPa] a 16 [MPa] respectivamente.

- Método A: Penetración de aguja.

Este método se utiliza para medir la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones específicas para que penetre en el hormigón proyectado hasta una profundidad de $15 \text{ [mm]} \pm 2 \text{ [mm]}$. Un penetrómetro indica la fuerza realizada, por compresión de un muelle calibrado, de la cual puede deducirse la resistencia a compresión estimada a partir de una curva de conversión, que es suministrada por el fabricante del equipo de ensayo.

- Método B: Hincado del clavo.

Se calva un clavo dentro del hormigón proyectado y se determina la profundidad de la penetración del mismo. A continuación, se extrae el clavo y se mide la fuerza de extracción. La relación de la fuerza de extracción y la profundidad de penetración puede utilizarse para obtener una resistencia a compresión estimada a partir de la curva de conversión, que es suministrada por el fabricante del equipo de ensayo.

UNE-EN 14488-3:2007, parte 3: Resistencias a flexión (primer pico, última y residual) de probetas prismáticas reforzadas con fibras

- Detalla un método para la determinación de la resistencia a flexión de probetas prismáticas de hormigón proyectado endurecido señalando los aparatos, las probetas de ensayo, los procedimientos de ensayo y la expresión de los resultados e informes.

UNE-EN 14488-4:2005+A1:2008, parte 4: Resistencia al arrancamiento de testigos mediante tracción directa

- Esta norma europea describe un método para determinar la adhesión en tracción (resistencia al arrancamiento) entre un hormigón proyectado y un sustrato de hormigón o roca, ensayada en laboratorio mediante un ensayo de tracción directa. La resistencia al arrancamiento se define como la capacidad de transferir tensión entre dos capas. La resistencia al arrancamiento se calcula como la carga última a tracción dividida por el área de la sección transversal bajo tensión de un testigo perforado en una capa de hormigón proyectado junto con una porción de sustrato de hormigón o roca. Se detallan los aparatos, los procedimientos de ensayo, expresión de los resultados e informes.

UNE-EN 14488-5:2007, parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras

- Se especifica un método para la determinación de la respuesta carga/flecha de una probeta plana con el fin de calcular la capacidad de absorción de energía hasta una flecha especificada. En conjunto, se describen los aparatos, probeta de ensayo, procedimiento operatorio, la expresión de los resultados e informe de ensayo.

UNE-EN 14488-6:2007, parte 6: Determinación del espesor de hormigón sobre un sustrato

- Se describen los métodos para la determinación del espesor del hormigón proyectado sobre un sustrato después de proyectarlo. Los resultados pueden además dar una indicación del paralelismo del hormigón con el sustrato. El sustrato puede ser piedra, suelo, hormigón u otra superficie. La norma suscribe los equipos a utilizar, los procedimientos de ensayo, los resultados y el informe del ensayo.

UNE-EN 14488-7:2007, parte 7: Contenido en fibras del hormigón reforzado con fibras

- En esta norma se especifica un método para la determinación del contenido de fibras del hormigón proyectado a partir de una muestra de hormigón fresco o endurecido. Se detallan los aparatos de ensayo, la probeta de ensayo para muestra endurecida y fresca (método A y B respectivamente), los procedimientos, la expresión de los resultados y el informe de ensayo.

NORMATIVA Y DOCUMENTACIÓN INTERNACIONAL

ÖVBB, Sprayed Concrete Guideline, 2009

Editado por la Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Austrian Association for Concrete and Structural Engineering)

- Esta guía contempla especificaciones para la utilización y manejo de las actividades relacionadas con el hormigón proyectado, dosificación y granulometría y observaciones que se deben considerar para una correcta fabricación, aplicación y cuidado del hormigón con el objeto de obtener un buen funcionamiento de este. Se enfatiza, en comparación a los otros códigos, en las resistencias tempranas del hormigón proyectado como también en su clasificación estructural conforme al rango de cumplimiento de dichas resistencias.

NB, Publication N° 7, Sprayed Concrete for Rock Support - Technical Specification, Guidelines and Test Methods, 2002

Código editado por la Norsk Betongforening (Norwegian Concrete Association) en conjunto con la Norwegian Tunneling Society y el Norwegian Rock Mechanics Group

- Se detallan especificaciones técnicas y métodos de prueba para el hormigón proyectado en roca especialmente en espacios subterráneos como los túneles. Dentro de los temas tratados en esta publicación, se destacan la calificación del hormigón, materiales constituyentes, trabajos previos para una correcta adherencia entre el shotcrete y el sustrato, implementación de equipos, inspección del hormigón proyectado, rendimiento del hormigón y métodos de ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas.

CIA-AuSS, Recommended Practice Shotcreting, 2°Ed, 2010

Código editado por el Concrete Institute of Australia en conjunto con la Australian Shotcrete Society

- En esta guía se señalan recomendaciones respecto a la tecnología empleada, como también, prácticas para el proceso del hormigón, de materiales y equipos, sugiriendo recomendaciones para el diseño estructural y el diseño de la mezcla. Por otro lado, se ofrece una visión general de los procesos de aplicación de hormigón proyectado no reemplazando la necesidad de un experto presente en los diferentes procesos y etapas.

4 de 4. Fuente: (Pacheco, Septiembre 2012)

3) CAPÍTULO III: **Controles**

3.1) INTRODUCCIÓN

Los controles que se realizan al shotcrete para conocer su calidad y propiedades físicas, básicamente se sujetan a los ensayos tradicionales que se realizan al hormigón convencional en estado fresco y endurecido. No obstante lo anterior, los ensayos más importantes a realizar son la resistencias a la compresión, a la flexión, ensayos de resistencia temprana y el de absorción de energía.

Cabe destacar que el ensayo de absorción de energía adquiere un nivel de relevancia mayor en el hormigón proyectado, ya que mediante este ensayo se puede determinar la energía total que es capaz de absorber el shotcrete después de que se haya fracturado el elemento otorgando, de este modo, la capacidad de las fibras para absorber dicho esfuerzo en casos en donde el shotcrete tiene que soportar solicitaciones de bloques de roca de un túnel, teniendo en cuenta que en proyectos de la gran minería y en obras civiles en Chile se diseñan hormigones considerando fibras, mallas y pernos de anclaje.

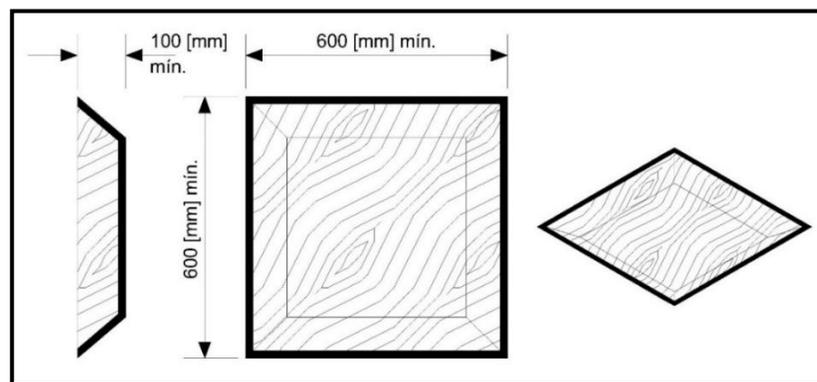
3.2) PANELES DE ENSAYO

3.2.1) Descripción

Para realizar ciertos ensayos se emplean paneles de prueba que comúnmente son de madera laminada de 18 [mm] de espesor logrando, de esta manera, disponer de un molde rígido y no absorbente; eventualmente también se utilizan recipientes de acero de mínimo 4 [mm] de espesor. Los requisitos del panel respecto a sus dimensiones son: 600 x 600 [mm], con un espesor de mínimo 100 [mm] siendo, finalmente, según las dimensiones de la probeta a extraer. La geometría del panel (ver imagen 3.1) responde en cierta forma a que impida que el rebote quede atrapado en el molde.

Para proyectar hormigón en el panel, este debe estar posicionado verticalmente (20° con respecto a la vertical). Además, quien proyecte lo debe hacer bajo condiciones similares a las que estará sometido el hormigón en la faena, es decir, mismo operador, presión, equipo, dosificación, técnica y distancia de lanzamiento. Cuando la proyección especifique otra posición, se admiten ángulos distintos a la vertical; todo, frente al contexto de simular el lanzamiento lo más cercano a la práctica real.

Imagen 3.1 Panel de proyección



Fuente: elaboración propia.

Una vez proyectado el hormigón sobre el molde, se recomienda cubrir el panel con una lámina de polietileno para proteger de manera inmediata el shotcrete de las pérdidas de humedad que se originan por el contacto con el aire (ver imagen 3.2). Posteriormente, se procede a marcar el panel para su posterior identificación.

Imagen 3.2 Fotografía de protección del panel de prueba



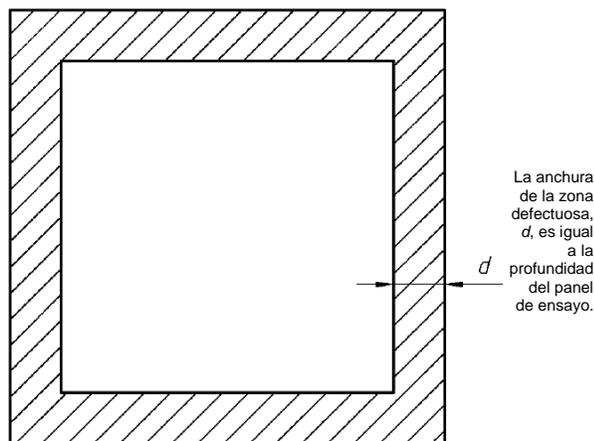
Fuente: elaboración propia.

El panel debe permanecer en el lugar donde se proyectó el shotcrete y no debe moverse dentro de las primeras 18 horas; susceptible si se requiere una edad más temprana según las especificaciones particulares de cada obra. Respecto al curado, este se debe realizar continuamente hasta los 7 días posteriores de la proyección o hasta que se extraigan los testigos a ensayar.

Las muestras de ensayo extraídas se deben sujetar a los procedimientos señalados en la norma chilena NCh1171.Of2001 “Hormigón – Testigos de hormigón endurecido – Parte 1: Extracción y ensayo” o mediante aserrado. De todos modos, considerando lo prescrito, no se deben extraer testigos de la zona

defectuosa, es decir, la distancia al borde igual a la profundidad del panel (ver imagen 3.3), y estos a su vez deben poseer una resistencia suficiente para una operación segura. Para esto, se recomienda extraer los testigos cuando la resistencia no sea inferior a 6 [MPa]. Finalmente, los paneles de prueba deben ser protegidos de todo daño mecánico, físico y de las pérdidas de humedad mientras se transportan al laboratorio de ensayo y, una vez en el laboratorio, se deben mantener en una cámara húmeda hasta la realización de los ensayos. (Centro tecnológico del hormigón, CTH, 2005)

Imagen 3.3 Zona defectuosa



Fuente: Norma UNE-EN 14488-1.

3.2.2) Función

La función del panel de ensayo básicamente es ir comprobando las resistencias del hormigón propuesto según dosificación establecida. Idealmente, los ensayos se deben realizar con unos seis meses de anticipación². La normativa ACI506.2-95 llama a estos controles “ensayos de pre-construcción”.

² Esto de seis meses de anticipación no está normado ni reglamentado por documentación técnica obligatoria, sino que es una práctica que se lleva en empresas en sus procesos de dosificación y, del mismo modo, en procesos de comprobación si la dosificación propuesta en la práctica cumple con las resistencias deseadas.

3.3) MEDICIONES EN SITIO

Además de las mediciones que se realizan a través de los paneles de prueba que permiten conocer la resistencia potencial del hormigón, están las llamadas mediciones de sitio, que responde al procedimiento de extracción de testigos de hormigón cuando las muestras de hormigón sometidas a ensayos no cumplen con la resistencia especificada. No obstante, en túneles y en diversas obras las especificaciones técnicas estipulan con anterioridad la ejecución de estas prácticas.

3.4) TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO

Si los resultados de la evaluación de la calidad del hormigón son defectuosos, es decir, cuando existe incumplimiento de los criterios de evaluación establecido, cuando la resistencia a compresión es la base de aceptación, la norma chilena NCh1998.Of1989 señala que se deben extraer como mínimo tres testigos de hormigón por cada f_i (consultar tabla de nomenclatura en Anexo E) defectuoso investigado. En este contexto, el hormigón se considera aceptable si el promedio aritmético de los tres testigos es igual o superior a $0,85 f_c$ y cada resultado individual es igual o superior a $0,75 f_c$. El procedimiento para la evaluación y los criterios establecidos para la aceptación o rechazo de los testigos están señalados en la norma chilena NCh1171 y mencionados en la norma NCh1998.

Se debe tener presente que en cualquier obra, el proceso de extracción de testigos debe ser siempre el último recurso utilizado para evaluar un hormigón, salvo cuando se trate de una evaluación de la capacidad estructural de una obra

o en elemento existente (como por ejemplo, evaluaciones estructurales después de sismos, cambio de destino de la obra, entre otros), no así en la fortificación de túneles, en donde la extracción de testigos es una práctica habitual y necesaria.

No obstante, hay proyectos en el que se dispone por medio de las especificaciones técnicas de la obra, la realización de ensayos a la compresión de testigos de hormigón proyectado para conocer el desarrollo y cumplimiento de las resistencias especificadas.

3.4.1) Consideraciones ACI.506-2-95

La literatura que reglamenta la evaluación de los testigos en EEUU por la ACI en la etapa de pre-construcción a modo preventivo, señala la preparación de paneles de ensayos con el fin de obtener resultados de las resistencias adquiridas por los núcleos (o testigos) extraídos del panel como una medida que habilite el aseguramiento de la calidad de la estructura posteriormente a hormigonar.

La reglamentación clasifica los testigos por grado, del 1 al 5, extraídos de un panel reforzado con fibras.

Esta clasificación permite evaluar a los pitoneros con el fin de permitir o no la proyección del hormigón en el lugar de trabajo.

Los grados de los testigos de shotcrete y los aspectos considerados por el reglamento están dados en el anexo F, obstante, los grados de los testigos de shotcrete según la presente norma están dados por la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Grados de testigos de *shotcrete* según ACI

GRADOS DE NÚCLEOS O TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO
--

- Grado 1:** Las muestras de hormigón proyectado son sólidas; no existen laminaciones, zonas arenosas o huecos. Los huecos pequeños con aire de diámetro de 1/8 pulg. y una longitud máxima de 1/4 pulg., son normales y aceptables. Las bolsas de arena, o huecos continuos detrás del acero de refuerzo son inaceptables. La superficie contra la forma o el plano de la unión deberá estar en buen estado, sin textura arenosa o huecos.
- Grado 2:** Las muestras de hormigón proyectado no tendrán más de los laminaciones o zonas arenosas con dimensiones que excedan a 1/8 pulg. de espesor, o de 1 pulg. de largo. La altura, anchura y profundidad de vacíos no excederá de 3/8 pulg y las áreas porosas detrás del acero de refuerzo no deberá exceder 1/2 pulg. en cualquier dirección excepto a lo largo de la longitud del acero de refuerzo. La superficie contra la forma o el plano de la unión estará en buen estado, sin textura arenosa o huecos.
- Grado 3:** Las muestras de hormigón proyectado no tendrán más de dos laminaciones o zonas de arena con unas laminaciones superiores a 3/16 pulg. de espesor por 1 1/4 pulg. de largo, o un gran vacío, bolsas de arena o laminación con arenas mal adheridas que no exceda 5/8 pulg. de espesor y 1 1/4 pulg. de ancho. La superficie contra la forma puede ser de arena con huecos que contienen exceso de pulverización hasta 1/16 pulg. de profundidad.
- Grado 4:** El testigo puede reunir los requisitos de los testigos grado 3, pero puede tener dos defectos importantes tal como se describe para el grado 3, o puede tener un defecto con una dimensión máxima de 1 pulg. perpendicular a la cara del testigo con una anchura máxima de 1 1/2 pulg. La superficie final del testigo, es decir, la superficie de contacto, puede ser arenosa y con huecos que contienen exceso de rociado a una profundidad de 1/8 pulg.
- Grado 5:** El testigo que no cumpla con los requisitos señalados en los grados 1 al 4, por ser de menor calidad, se clasificará como grado 5.

Fuente: (American Concrete Institute, 1995).

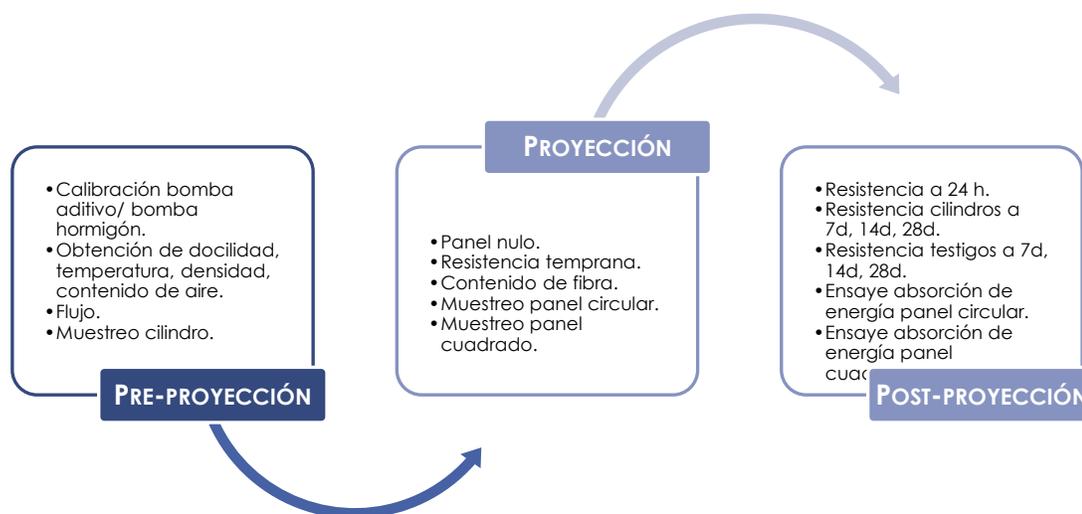
3.5) PRUEBAS Y ENSAYOS DEL SHOTCRETE

En Chile, al hormigón proyectado se realizan controles en estado fresco y endurecido. Como se mencionó anteriormente, algunas de las pruebas son convencionales y se rigen por normas que regulan al hormigón tradicional, no obstante, existen pruebas exclusivas del shotcrete (ver esquema 3.2.) reglamentadas en otros países que se practican en Chile según la normativa correspondiente.

3.5.1) Secuencia de pruebas y ensayos para shotcrete

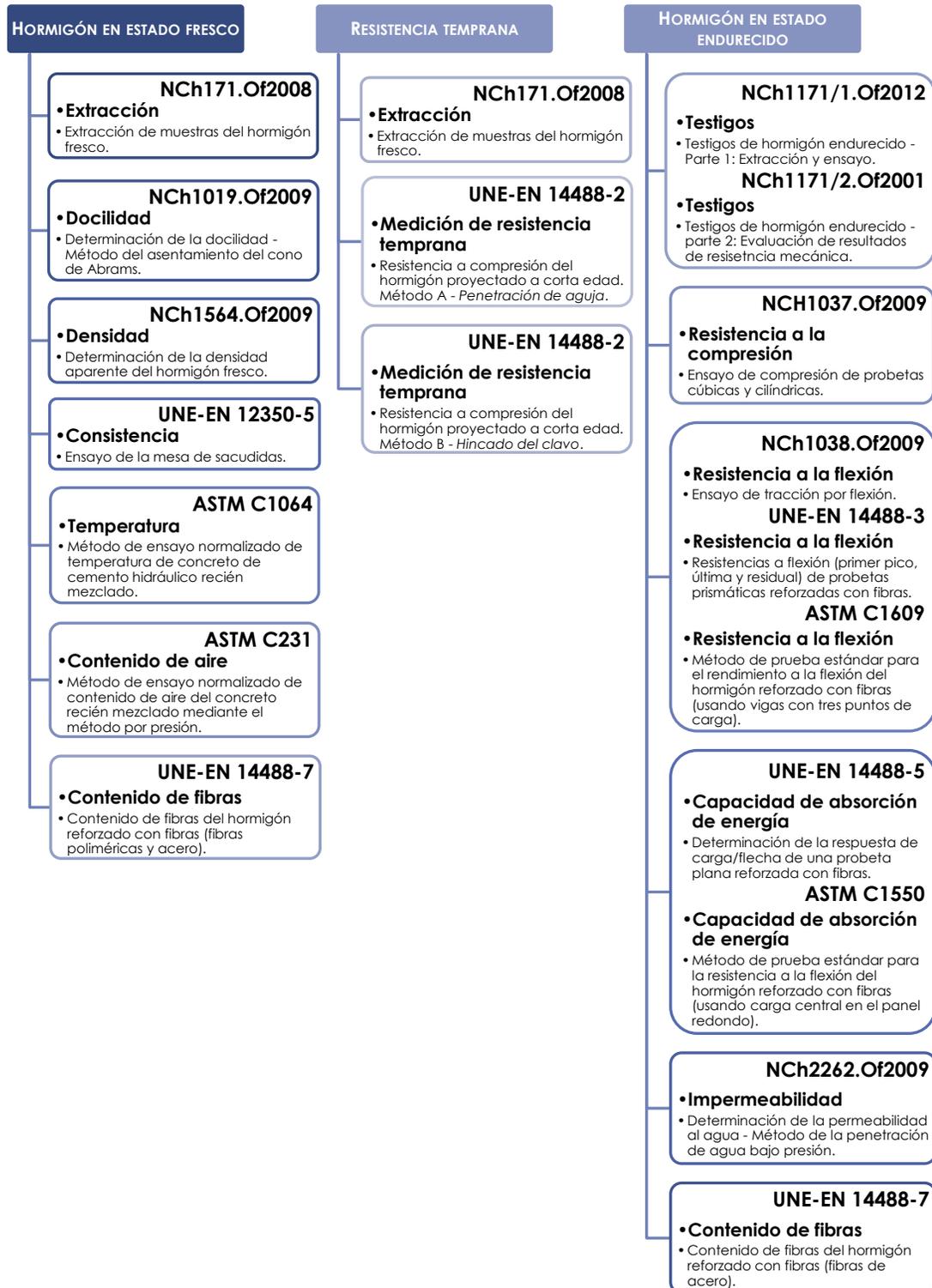
La secuencia de los ensayos comúnmente empleada está dado por el siguiente esquema.

Esquema 3.1 Secuencia de pruebas y ensayos para *shotcrete*



Fuente: elaboración propia.

Esquema 3.2 Ensayos y normativa respectiva para shotcrete



Fuente: elaboración propia.

3.6) DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

3.6.1) Ensayos de hormigón en estado fresco

3.6.1.1) Extracción de la muestra

El procedimiento para la extracción de las muestras representativas del hormigón fresco dispuestas para ensayos en Chile, están establecidas en la norma chilena NCh171.Of2008 “Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco”. Se entiende por hormigón fresco aquel que ha terminado su proceso de mezclado y aún no ha sido colocado, sin sobrepasar un tiempo de dos horas para los cementos de grado corriente, y una hora para los cementos de grado de alta resistencia, tiempo que se mide desde el comienzo del amasado.

Es relevante señalar que la extracción de muestras desde hormigoneras estacionarias o camiones hormigoneras (para muestras de fabricación) y/o desde hormigón de una tolva u hormigón en medios de transporte (para muestras en sitio) se deben realizar sin incluir el principio ni el final de esta, ya que se considera que el hormigón tiene una homogeneidad suficiente entre el 10% y el 90% de la descarga. Además de lo prescrito, las muestras deben ser protegidas de los agentes climáticos durante el periodo comprendido entre su extracción y la confección de las probetas o uso de ensayo teniendo en cuenta que este periodo será inferior a 15 minutos. Generalmente, se emplean arpilleras húmedas, lonas húmedas o láminas de polietileno para su protección.

3.6.1.2) Determinación de la docilidad

El procedimiento para la obtención de la docilidad del hormigón, están prescritos en la norma chilena NCh1019.Of2009 “Hormigón – Determinación de la docilidad – Método del asentamiento del cono de Abrams”. Se entiende por

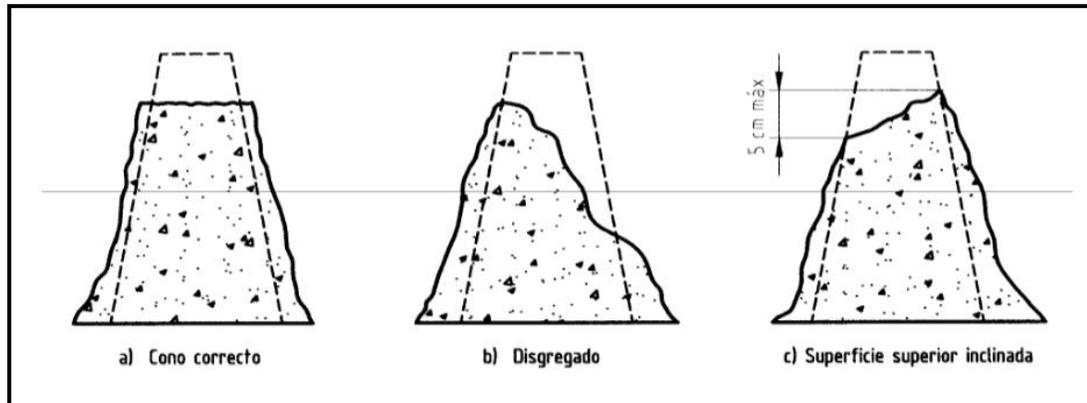
docilidad aquella facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación.

Los factores que afectan eventualmente la docilidad del hormigón son: el contenido de agua de la mezcla; características de los áridos y proporción de cada uno de ellos; aire, tipo y cantidad; tipo y cantidad de cemento; temperatura y humedad relativa del ambiente; granulometría y, finalmente, el uso de aditivos y/o adiciones.

Para efectos de obtener la docilidad existen otros ensayos, siendo el del cono de Abrams el más utilizado, no obstante lo anterior, también está el *ensayo de la mesa de sacudidas (o escurriamiento)* (abordado más adelante), *ensayo de la Bola Kelly* descrita por la norma ASTM C360 (la cual está actualmente retirada) o el ensayo del *consistómetro Ve-Be*.

Es importante destacar que cuando el hormigón moldeado sufre disgregaciones o la superficie se inclina con una diferencia mayor o igual que 5 [cm] entre el punto más alto y el más bajo de su diámetro (ver imagen 3.4), se debe descartar el ensayo y efectuarlo nuevamente con otra porción de la misma muestra. Si persiste la disgregación en el hormigón en el segundo ensayo, se debe considerar al hormigón no apto para efectuar el ensayo del asentamiento por carecer de la plasticidad y cohesión necesaria. Por otro lado, toda porción o muestra de hormigón utilizada para este ensayo se debe desechar una vez concluida la operación.

Imagen 3.4 Formas de asentamiento



Fuente: NCh1019.Of2009.

3.6.1.3) Determinación de la densidad aparente

El procedimiento para la obtención de la densidad aparente del hormigón, están señalados en la norma chilena NCh1564.Of2009 “Hormigón – Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco”. Se entiende por densidad aparente aquella que considera el volumen real de la mezcla más el volumen de aire incorporado, en donde la suma de ambas corresponde al volumen del recipiente que lo contiene.

La determinación de la densidad aparente de una muestra de hormigón debe ser efectuada a través de un recipiente cilíndrico impermeable cuyas características están detalladas en el ítem 4.1 de la presente norma, en el cual, se deposita la muestra de hormigón que, posteriormente, debe ser compactada según los métodos descritos en los ítems 6.4.2 y 6.4.3 de dicha norma correspondiendo a la compactación mediante vibración mecánica o compactación manual con una barra compactadora, dependiendo del asentamiento del cono de Abrams que determina el procedimiento de compactación indicado en la norma NCh1017.Of2009 “Hormigón - Confección en

obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento”. (Ver imagen 3.5)

El cálculo de la densidad aparente de una muestra de hormigón fresco se obtiene a partir de fórmulas denotadas en el ítem 6.7 de la presente norma. Cabe destacar que la norma en el anexo C.4 incluye un método para la obtención del contenido estimado de aire.

Imagen 3.5 Secuencia fotográfica del ensayo de densidad aparente



Fuente: elaboración propia.

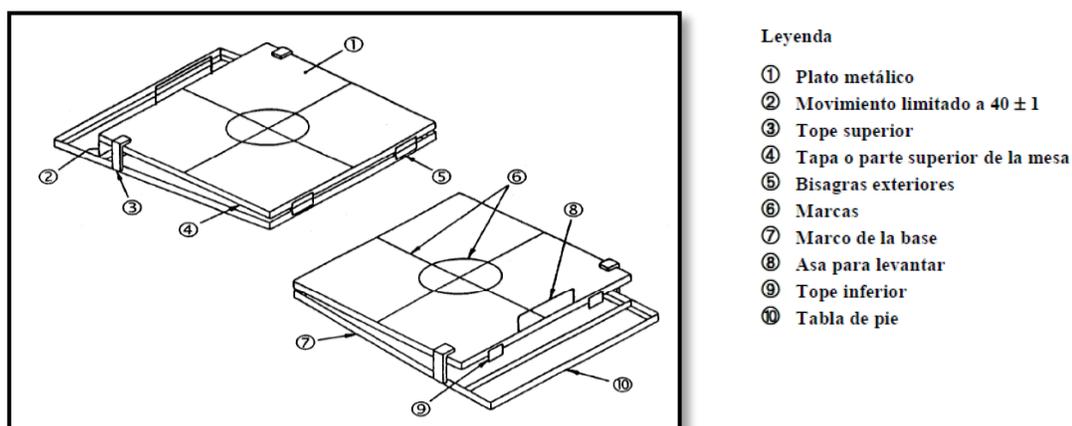
3.6.1.4) Determinación de la consistencia

El procedimiento para determinar la consistencia del hormigón, están especificadas en la norma española UNE-EN 12350-5 “Ensayos de hormigón fresco, parte 5: Ensayo de la mesa de sacudidas”. Se entiende por consistencia al mayor o menor grado que tiene el hormigón fresco para deformarse y, de este modo, como consecuencia, ocupar todos los espacios del recipiente, encofrado o molde en donde se deposita.

En este ensayo, se determina la consistencia del hormigón fresco mediante la medida del esparcimiento del hormigón sobre un plano sometido a sacudidas.

Para su realización, se debe disponer de una mesa de sacudidas (ver imagen 3.6) (escurrimiento) compuesta por una mesa móvil consistente en un plato liso con una superficie plana de $700 \text{ [mm]} \pm 2 \text{ [mm]}$ por $700 \text{ [mm]} \pm 2 \text{ [mm]}$, por sobre la cual se coloca el hormigón. Esta mesa móvil, a su vez está unida a una base rígida sobre la que puede caer a una altura especificada. La parte superior de la mesa debe tener una superficie metálica de 2 [mm] de espesor mínimo, su masa será $16 \text{ [kg]} \pm 0,5 \text{ [kg]}$ y en su centro debe tener grabada una cruz cuyas líneas sean paralelas a los bordes del plato y con un círculo central de $210 \text{ [mm]} \pm 1 \text{ [mm]}$ de diámetro. La altura de caída de la tapa de la mesa medida de la línea del borde frontal de la zona superior del plato, debe delimitarse a $40 \text{ [mm]} \pm 1 \text{ [mm]}$ mediante la colocación de uno o más topes. La mesa debe ser apoyada sobre piezas de pie para habilitar la estabilización de la mesa durante la realización del ensayo.

Imagen 3.6 Mesa de sacudidas

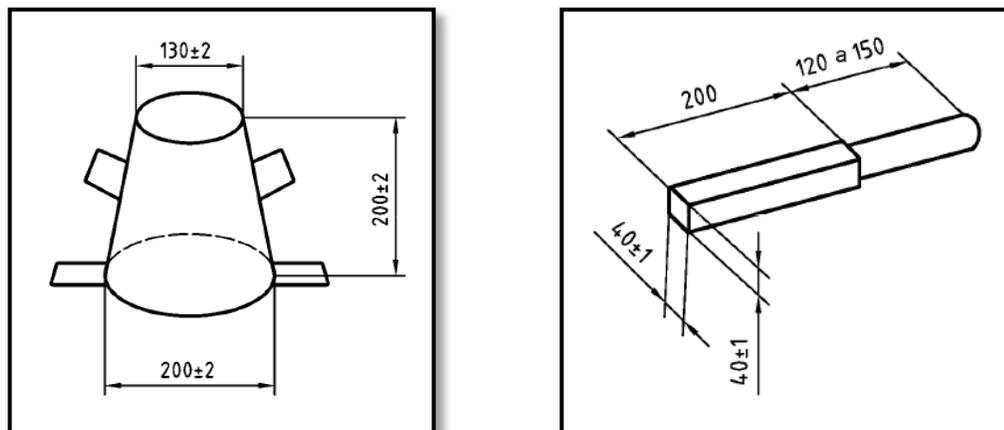


Fuente: UNE-EN 12350-5:1999.

Por otro lado, el molde en el que se deposita la muestra de hormigón fresco debe ser de un metal que no altere las propiedades químicas del hormigón y su espesor debe ser de mínimo 1,5 [mm]. Las dimensiones se pueden contemplar en la imagen 3.7.

La maza para apisonar la muestra de hormigón debe ser fabricada con un material duro y sus dimensiones figuran en la imagen 3.7.

Imagen 3.7 Molde y maza para apisonar el *shotcrete* dispuesto para ensayo



"Molde para el hormigón"

Fuente: UNE-EN 12350-5:1999.

"Maza para apisonar"

Para conocer la consistencia del hormigón se debe colocar la mesa de sacudidas sobre una superficie plana y horizontal que esté libre de vibraciones o sacudidas externas. Se debe verificar que el movimiento de la tapa móvil pueda levantarse hasta su límite y, del mismo modo, pueda dejarse caer hasta su tope inferior sin interrupciones en dicha operación. Luego de limpiar y humedecer la superficie de la tapa, se retira todo exeso de humedad y se sitúa el molde en el centro de la mesa (en el trazo circular grabado al centro). Posterior a esto, se llena el molde con material en dos capas iguales nivelando cada capa mediante 10 ligeros golpes con la maza de apisonar. Luego del apisonado, se enrasa la

superficie con la maza procurando dejar la cima libre de huecos sin rellenar; en este caso se recomienda depositar sobre la segunda capa cierta cantidad de hormigón para evitar la falta de relleno. Por consiguiente, se limpia la mesa de los restos de hormigón que han caído y después de 30 segundos se procede a levantar el molde verticalmente mediante sus asas en un intervalo de 3 a 6 segundos. Desde este momento se comienza a levantar y dejar caer la tapa entre 2 a 5 segundos por 15 veces. Finalmente, se procede a medir el escurrimiento obteniendo dos dimensiones (una de cada lado perpendicular a los bordes) promediando y registrando las dos medias (antes de registrar las medidas se deben aproximar a los 10 [mm] más próximos). (Ver esquema 3.3).

Esquema 3.3 Secuencia fotográfica de procedimiento de ensayo para la determinación de consistencia



Fuente: elaboración propia.

3.6.1.5) Determinación de la temperatura

El procedimiento para la obtención de la temperatura del hormigón en estado fresco, está indicado en la norma estadounidense ASTM C1064 “Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura del hormigón fresco con cemento hidráulico recién mezclado”.

Básicamente, la medición se puede realizar en el equipo de transporte, o bien, en los moldes después de la descarga siempre cuando el sensor del aparato medidor de temperatura esté cubierto por al menos 75 [mm] en todas sus direcciones (ver imagen 3.8). Según la norma ASTM C 172, la medición de temperatura se debe hacer dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la última porción de la muestra compuesta. La medición de temperatura se realiza sumergiendo el sensor de temperatura en la mezcla de hormigón recién mezclado por un periodo mínimo de 2 minutos, pero no por más de 5 minutos. La temperatura obtenida se aproxima a los 0,5 [°C] más próximos de lo indicado en el dispositivo.

Imagen 3.8 Fotografía de medición de temperatura



Fuente: elaboración propia.

Conocer la temperatura del hormigón fresco, ayuda a predecir su comportamiento al corto y largo plazo. Si la temperatura inicial obtenida es alta, probablemente el hormigón tendrá una resistencia superior a lo normal a edades tempranas, no obstante, su resistencia a largo plazo será más baja comprometiendo la calidad y durabilidad del hormigón a edades tardías. Análogamente, si su temperatura a edades tempranas es baja, es altamente probable que el desarrollo de su resistencia sea más lento pero, finalmente, su resistencia y calidad será más alta.

3.6.1.6) Determinación del contenido de aire

El procedimiento para la obtención del contenido de aire de una mezcla de hormigón fresco recién mezclado a partir de la observación del cambio de volumen del concreto por un cambio de presión, está determinada por la norma estadounidense ASTM C231 “Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión” (ver imagen 3.9).

Mediante este ensayo, se puede determinar el aire que puede existir en espacios vacíos entre los agregados mediante métodos de presión, gravimétrico y volumétrico respectivamente. El ensayo es aplicable para morteros y hormigones con áridos densos, dejando de lado hormigones elaborados con áridos livianos, escoria de alto horno enfriada por aire, o áridos con alta porosidad. Para obtener dicha información, se emplean medidores de aire ocluido que pueden ser de tipo columna de agua, o bien, el más frecuente, de tipo manómetro eventualmente de 7 litros de capacidad.

La norma señala medidor Tipo A y medidor Tipo B, los cuales emplean el principio de la ley de Boyle. El uso de este último instrumento de medición es

mayor debido a que los ensayos son más rápidos; el sistema de accionamiento es más rápido; incluye un manómetro de fácil lectura; no es susceptible por los cambios de presión de la atmósfera y la precisión de su lectura es del 0,1 % hasta el 6 % y de 0,2 % del 6 al 10%.

Imagen 3.9 Instrumentos de medición del contenido de aire



Fuente: elaboración propia.



Fuente:

http://www.tecnos.ro/assets/products/2012/11/28/21/e027_air_meter_porosimetro.jpg

3.6.1.7) Determinación del contenido de fibras

El procedimiento para la obtención del contenido de fibras poliméricas o metálicas de una mezcla de hormigón fresco, está establecido en la norma europea UNE-EN 14488-7 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 7: Contenido de fibras del hormigón reforzado con fibras”.

El método asignado para realizar la medición en una muestra de hormigón fresco está definido como método B, a partir del cual, se determina el contenido de fibras en base a su masa y el volumen de la muestra de hormigón.

La muestra de hormigón fresco puede ser extraída de la mezcla básica, del material in situ, o bien, de un panel de ensayo. Considerando que la cantidad de

fibras tiende a variar según la fuente de la muestra; es recomendable utilizar como fuente el tipo y ubicación de la muestra más apropiada dependiendo del proceso de proyección, todo, en razón de los fines del control de calidad y de los requisitos de cumplimiento de la especificación.

Básicamente, el método consiste en extraer tres muestras (mediante un troquel³ o herramienta similar) de 1 a 2 [kg]; probetas en su defecto, cuya profundidad sea la de la capa de hormigón proyectada (o la profundidad del panel), para asegurar la obtención de una muestra representativa. La pieza o probeta debe ser pesada en agua según la norma europea UNE-EN 12350-6 para conocer su volumen. Posteriormente, se lavan las fibras de la muestra de hormigón, pasando, de este modo, la muestra por un tamiz que permita filtrar el cemento y otros materiales finos con el fin de separar las fibras de la pieza representativa. En el caso de las fibras sintéticas, estas pueden ser extraídas luego de enjuagar y agitar con alcohol la muestra hasta que las fibras floten sobre la superficie. Finalmente, las fibras son limpiadas y secadas para obtener su peso el cual, para fibras de acero, se debe aproximar a 0,1 [g] y, análogamente, para las fibras poliméricas, se debe aproximar a 0,01 [g].

³ Según la norma europea UNE-EN 14488-7, en el ítem 4.4., *troquel* es un dispositivo de corte hecho de un material no absorbente y no atacable fácilmente por la pasta de cemento, adecuado para cortar una muestra de hormigón a partir de hormigón proyectado fresco *in situ*.

3.6.2) Ensayos de hormigón proyectado para resistencia temprana

3.6.2.1) Penetración de aguja

El procedimiento para medir resistencias tempranas en el hormigón mediante este método, se explica como método A en la norma europea UNE-EN 14488-2 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 2: Resistencia a compresión del hormigón proyectado a corta edad”.

Desde esta premisa, el método en contexto se utiliza para medir la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones específicas para que penetre en el hormigón proyectado hasta una profundidad de $15 \text{ [mm]} \pm 2 \text{ [mm]}$. La medición se realiza a través de un penetrómetro (ver imagen 3.10), que indica la fuerza originada al realizar tal acción. Según la medición, se puede deducir por comportamiento la resistencia a la compresión que tendrá el hormigón a partir de una curva de conversión que es suministrada por el fabricante del equipo de ensayo.

El ensayo se realiza diez veces dentro de 1 [min] para resistencias por debajo de 0,5 [MPa] en un área representativa de la región proyectada. La norma señala que, si al momento de aplicar el dispositivo perpendicularmente a la superficie de la capa de hormigón el ensayo es interrumpido por un árido grande o algún refuerzo, se debe desestimar la medición realizando otra en su reemplazo. Finalmente, la fuerza considerada corresponde al promedio de las diez mediciones en donde no se permite la extrapolación; el valor medio debe tener una aproximación de 10 [N]

Imagen 3.10 Penetrómetros utilizados para la realización del ensaye

Fuente: (Controls Group) pág. 258

3.6.2.2) Hincado del clavo

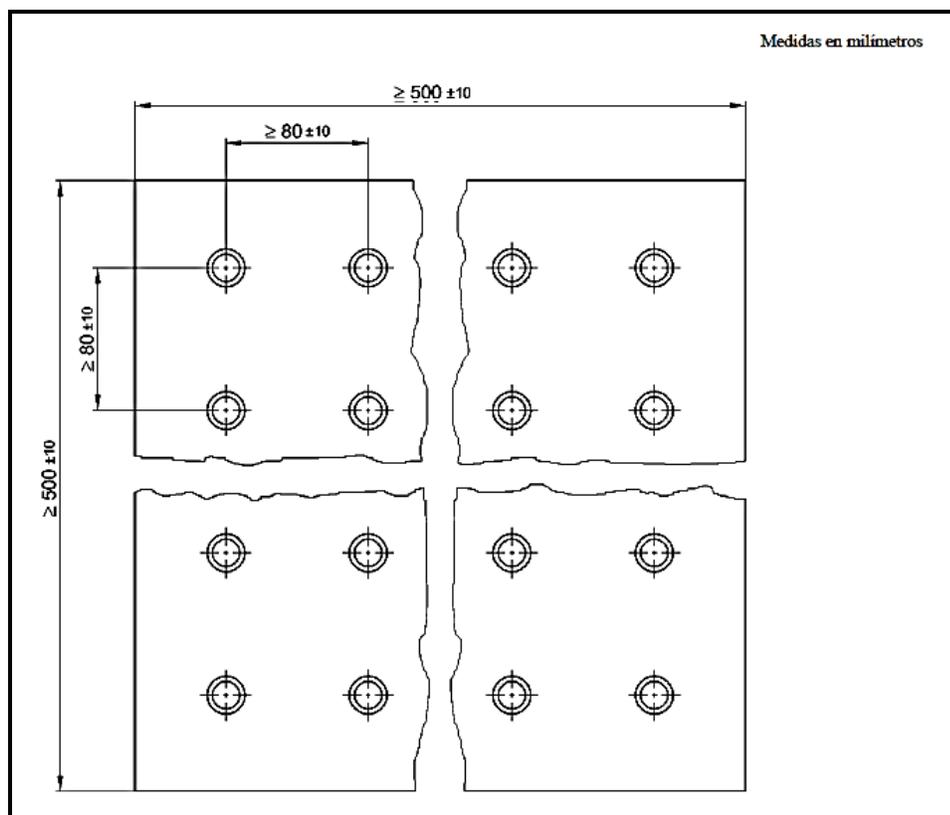
El procedimiento para medir resistencias tempranas en el hormigón mediante este método, se detalla como método B en la norma europea UNE-EN 14488-2 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 2: Resistencia a compresión del hormigón proyectado a corta edad”.

Considerando lo anterior, el método que también es conocido como pistola Hilti, consiste en clavar un clavo dentro el hormigón y, de este modo, determinar la profundidad de penetración del mismo. Posterior a esto, el clavo es extraído midiendo la fuerza necesaria para tal extracción. Con estos datos, a partir de una curva de conversión suministrada por el fabricante, a través de la relación entre la fuerza de extracción y la profundidad de penetración, se puede estimar una resistencia al esfuerzo de compresión.

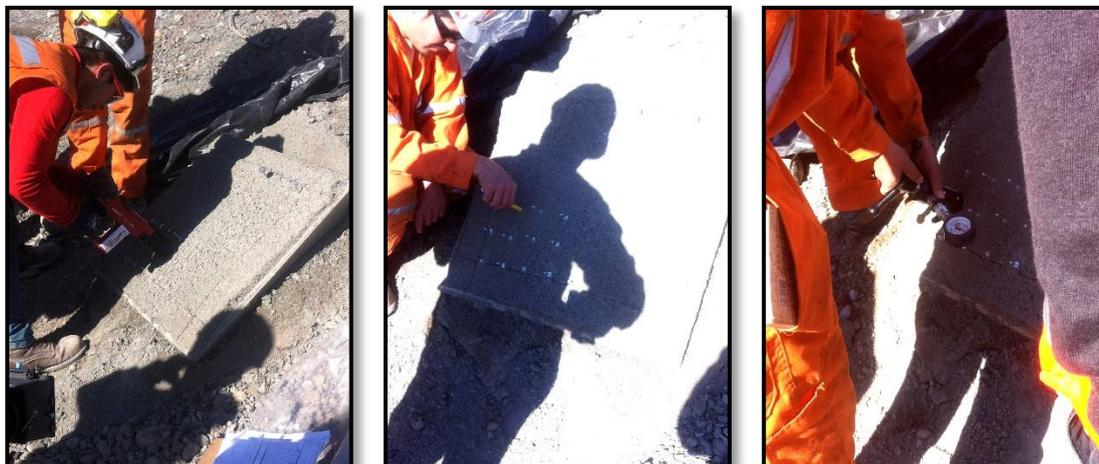
Para la realización del ensayo, se debe disponer de una pistola que permita realizar disparos repetitivos de clavos en el hormigón logrando penetrar al menos 20 [mm]. Del mismo modo, para realizar la extracción, se debe disponer de un equipo que permita aplicar la carga perpendicular a la superficie del mismo, entre otras consideraciones mínimas detalladas en la norma.

El largo del clavo se escoge en función de la distancia de penetración del mismo; dicho de otra manera, si el clavo más largo penetra completamente, se debe esperar cierto lapso para repetir el ensaye. De modo contrario, si la distancia de lo que sobresale del clavo es demasiado largo, superando los 20 [mm], se debe utilizar un clavo más corto. Una vez definido el clavo, se procede a disparar sobre el hormigón 10 clavos representativos, los cuales son extraídos en el mismo orden en el cual fueron puestos (el orden y/o distancia mínima entre los clavos se pueden ver en la imagen 3.11). Finalmente, se registran los datos y se realiza la correlación que existe entre la distancia de penetración y el esfuerzo necesario para el retiro de los clavos (ver imagen 3.12).

Imagen 3.11 Distancia entre clavos



Fuente: Norma Europea UNE-EN 14488-2.

Imagen 3.12 Secuencia fotográfica representativa del ensayo de clavo hincado

Fuente: elaboración propia

3.6.3) Ensayos de hormigón proyectado en estado endurecido**3.6.3.1) Extracción de testigos**

El procedimiento para extraer los testigos de hormigón endurecido, está detallado en la norma chilena NCh1171/1.Of2012 “Hormigón – Testigos de hormigón endurecido – Parte 1: Extracción y ensayo”. Se entiende por testigo a aquella probeta extraída de un elemento de hormigón endurecido, de acuerdo al procedimiento establecido en la presente norma.

La norma referenciada señala de manera sistemática el procedimiento para la extracción, conservación y ensayo de testigos de hormigón endurecido.

Entre otros aspectos, la aplicación de esta norma se realiza cuando se desea conocer el estado de la resistencia actual de un hormigón de alguna estructura existente y/o para determinar el cumplimiento de normas o especificaciones técnicas. Sin perjuicio de lo anterior, la aplicación se efectúa cuando se tiene que

realizar ensayos de densidad, medición de espesores, compresión y/o tracción por hendimiento.

La norma señala las dimensiones de los testigos según los ensayos a realizar prescritos en el párrafo anterior; ya sea para medición de espesores, o bien, para ensayos de resistencia mecánica. Además, se establecen las condiciones mínimas para la extracción, zona de extracción y ubicación de los testigos, preparación del testigo para efectuar los ensayos, expresión de los resultados, entre otros.

3.6.3.2) Determinación de la resistencia a la compresión

El procedimiento para medir las resistencias a la compresión en el hormigón en estado endurecido, está determinada en la norma chilena NCh1037.Of2009 “Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas”.

3.6.3.3) Determinación de la resistencia a la flexión

El procedimiento para medir la resistencia a la flexión del hormigón mediante el ensayo de tracción por flexión a la rotura de probetas prismáticas del hormigón simplemente apoyadas, se refiere en la norma chilena NCh1038.Of2009 “Hormigón – Ensayo de tracción por flexión”.

El procedimiento para medir la resistencia a la flexión del hormigón mediante el método para la determinación de la resistencia a flexión (primer pico, última y residual) de probetas prismáticas de hormigón proyectado endurecido, está definido en la norma europea UNE-EN 14488-3 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 3: Resistencias a flexión (primer pico, última y residual) de probetas prismáticas reforzadas con fibras”.

El procedimiento para medir la resistencia a la flexión del hormigón mediante el método de ensayo que evalúa el rendimiento a la flexión del hormigón reforzado con fibras usando parámetros derivados de la curva carga-deflexión, obtenida mediante pruebas de una viga simplemente apoyada bajo tres puntos de carga usando una curva cerrada, está detallado en la norma estadounidense ASTM C1609 “Método de prueba estándar para el rendimiento a la flexión del hormigón reforzado con fibras (usando vigas con tres puntos de carga)”.

3.6.3.4) Determinación de la capacidad de absorción de energía para shotcrete

El procedimiento para la medir la capacidad de absorción de energía de probetas planas de hormigón reforzadas con fibras, mediante un método que permite determinar la respuesta de carga/flecha de dicha probeta con el fin de calcular la capacidad de absorción de energía hasta una flecha especificada, están dispuestas en la norma europea UNE-EN 14488-5 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras”.

El procedimiento para medir la capacidad de absorción de energía del hormigón mediante el método de ensayo que determina la tenacidad a la flexión del hormigón reforzado con fibras, en el intervalo post-grieta, usando un panel redondo soportado por pivotes dispuestos simétricamente el cual es sometido a una carga de punto central, está prescrito en la norma estadounidense ASTM C1550 “Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del hormigón reforzado con fibras (usando una carga central en el panel redondo)”.

3.6.3.5) Determinación de la permeabilidad al agua

El procedimiento para medir la impermeabilidad del hormigón, está establecido en la norma chilena NCh2262.Of2009 “Hormigón y mortero – Determinación de la permeabilidad al agua – Método de la penetración de agua bajo presión”. Se entiende por impermeabilidad a la capacidad del mortero u hormigón para evitar la penetración de agua bajo presión.

3.6.3.6) Determinación del contenido de fibras

El procedimiento para la obtención del contenido de fibras de una mezcla de hormigón endurecido (o en estado fresco, recomendada en este caso cuando las fibras utilizadas son poliméricas), está establecido en la norma europea UNE-EN 14488-7 “Ensayos de hormigón proyectado, parte 7: Contenido de fibras del hormigón reforzado con fibras”.

Esta norma indica dos métodos; método A, que es el utilizado para hormigón endurecido, y el método B, para hormigón en estado fresco. Ambos métodos tiene por objeto extraer las fibras de una determinada muestra (endurecida o fresca) y determinar el contenido de estas a partir de su masa y el volumen de la muestra de hormigón.

La extracción de las muestras frescas se ejecuta de la mezcla básica, del material *in situ*, o de un panel de ensayo, mientras que las muestras endurecidas se pueden cortar a partir del material *in situ* o de un panel de ensayo.

El método A consiste en prensar los testigos (al menos tres testigos) en una máquina de ensayo a compresión, o en algún dispositivo similar y/o adecuado, de manera que las fibras se puedan separar del hormigón. Las magnéticas se

pueden retirar con imán. Luego, las fibras se limpian mecánicamente para eliminar cualquier residuo cementoso que sea visible; luego se procede a pesar las fibras.

El método B consiste en lavar el hormigón de manera tal que se separen las fibras del cemento y otros materiales constituyentes del hormigón proyectado. En el caso de las fibras sintéticas, la muestra puede enjuagarse con alcohol y agitarse hasta que las fibras floten sobre la superficie.

4) CAPÍTULO IV: Criterios de Evaluación

4.1) INTRODUCCIÓN

Criterios de evaluación es un capítulo que otorga una serie de consideraciones prescritas tanto en la normativa nacional como internacional contemplando los parámetros utilizados para evaluar la calidad del hormigón, estableciendo de manera sistemática los aspectos delimitados por las normas y, a modo de síntesis, ordenando los criterios empleados para que, de esta manera, se forme juicio y determinación de los resultados posteriormente analizados incurriendo, convenientemente, en el uso de parámetros que representan mayormente el estado de los testigos de hormigón proyectado utilizados para su evaluación en Chile.

4.2) CONSIDERACIONES NCH1998.OF89: HORMIGÓN - EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA MECÁNICA

Como se mencionó anteriormente, cuando la resistencia a compresión es la base de aceptación del hormigón, se evalúa la calidad de esta teniendo por objeto determinar estadísticamente la conformidad de los resultados de la resistencia a compresión con respecto a la especificada y evaluar el nivel de control de ensayos. Dicha evaluación son aplicables a muestras de hormigón fresco y endurecido.

Los criterios señalados por la norma NCh1998.Of89: Hormigón - Evaluación estadística de la resistencia mecánica, se dividen en evaluaciones de grupos de muestras consecutivas del lote por parcialidades y la evaluación del lote considerando el total de muestras. Los criterios establecidos son:

1) Evaluación por grupos de muestras consecutivas

- a. $f_3 \geq f_c + k_1$
- b. $f_i \geq f_o = f_c - k_2$

En donde las medidas propuestas por la norma respecto al cumplimiento o incumplimiento con los criterios establecidos están señaladas en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Evaluación por grupos de muestras consecutivas

Antecedentes		Conclusiones	Recomendaciones
$f_3 \geq f_c + k_1$	$f_i \geq f_o$	El hormigón cumple la resistencia especificada	
$f_3 < f_c + k_1$	$f_i \geq f_o$	El hormigón no cumple la resistencia especificada	Informar a los Proyectistas Estructurales y considerar las penalizaciones establecidas en el Contrato y sus Documentos anexos.
$f_i < f_o$		El hormigón no cumple la resistencia especificada y cada resultado defectuoso debe ser considerado como riesgo potencial	Adoptar medidas indicadas en A.4 ⁴

Fuente: Tabla 7 de la norma NCh1998.Of89

2) Evaluación considerando el total de muestras

- a. $f_m \geq f_c + s \cdot t$
- b. $f_i \geq f_o = f_c - k_2$

En donde las medidas propuestas por la norma respecto al cumplimiento o incumplimiento con los criterios establecidos están señaladas en la tabla 4.2.

⁴ La norma NCh1998, en el anexo A.4 indica que si la investigación confirma la existencia de hormigones defectuosos, el propietario de la obra adoptará las medidas que indiquen los Proyectistas Estructurales, algunas de las cuales pueden ser las siguientes:

- Rechazo del hormigón y exigencia de demolición y reposición.
- Aceptación del hormigón, condicionada a su reparación y/o refuerzo.
- Aceptación del hormigón sujeto a penalizaciones.

Tabla 4.2 Evaluación considerando el total de muestras

Antecedentes		Conclusiones	Recomendaciones
$f_m \geq f_c + s \cdot t$	$f_i \geq f_o$	El hormigón cumple la resistencia especificada	
$f_m < f_c + s \cdot t$	$f_i \geq f_o$	El hormigón no cumple la resistencia especificada	Informar a los Proyectistas Estructurales y considerar las penalizaciones establecidas en el Contrato y sus Documentos anexos.
$f_i < f_o$		El hormigón no cumple la resistencia especificada y cada resultado defectuoso debe ser considerado como riesgo potencial	Adoptar medidas indicadas en A.4 ²

Tabla 4.2. Fuente: Tabla 8 de la norma NCh1998.Of89

La norma NCh1998 contiene la siguiente simbología:

f_3 = resistencia media de cualquier grupo de 3 muestras consecutivas, en MPa;

f_c = resistencia especificada a la rotura por compresión, en MPa;

f_i = resistencia individual de cada muestra, en MPa;

f_o = límite inferior para la resistencia f_i de cada muestra, en MPa;

k_1 = constante de evaluación para f_3 , en MPa;

k_2 = constante de evaluación para f_i , en MPa;

f_m = resistencia media del lote, en MPa;

s = desviación normal de las resistencias individuales f_i , en MPa;

t = factor estadístico según fracción defectuosa y número de muestras.

Si se presenta algún resultado de resistencia individual, f_i , a compresión del hormigón fresco menor que la resistencia límite inferior, f_o , se procede a evaluar por medio de testigos.⁵

⁵ Esta apreciación está propuesta para evaluar hormigón estructural; hormigón consignado en estructuras.

4.3) CONSIDERACIONES NCH1171 – HORMIGÓN – TESTIGOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO

Como se mencionó en capítulos anteriores, la extracción de testigos se efectúa por las siguientes razones:

- Para determinar el cumplimiento con normas o especificaciones técnicas debido a que:
 - La evaluación de resultados de resistencia a compresión del hormigón fresco, según NCh1998, ha dado un resultado individual, f_i , menor que la resistencia límite inferior, f_o ; o
 - La especificación técnica de la obra establece la recepción de los elementos de hormigón cuya confección se ejecuta en obra, mediante extracción, ensayos y evaluación de testigos.
- Para determinar la resistencia mecánica del hormigón de una estructura existente o efectuar estudios específicos.

Cuando los resultados de resistencia a compresión del hormigón fresco no cumplen con lo especificado, es decir, los criterios prescritos en la norma NCh1998 no son satisfactorios, se procede a realizar la extracción de testigos en hormigón endurecido para evaluar los resultados defectuosos sujetos a investigación. De manera semejante a lo anterior, la extracción de testigos también se efectúa para determinar el espesor de los elementos de hormigón.

4.4) EVALUACIÓN POR MEDIO DE TESTIGOS

Cuando por especificación técnica del proyecto se establece la recepción del hormigón mediante testigos, son estas las que establecen los rudimentos asociados a dicha evaluación.

Los proyectos que suceden su evaluación por medio de testigos son susceptibles de consecuencias favorables o muy desfavorables. La norma NCh1998 establece consideraciones preventivas tras la evaluación estadística del hormigón antes de proceder a la evaluación mediante testigos considerando la comprobación de la validez de los ensayos; la identificación de la zona comprometida; la inspección visual de la zona dejando constancia de los eventuales errores de colocación del hormigón; la realización de ensayos por métodos no destructivos; y/o la extracción de testigos de hormigón endurecido.

Cuando se procede a la extracción de testigos, las consecuencias o medidas referidas en el párrafo anterior son, entre las que pueden ser, el rechazo del hormigón y exigencia de demolición y reposición; la aceptación del hormigón, condicionado a su reparación y/o refuerzo; y/o la aceptación del hormigón sujeto a penalizaciones.

4.4.1) Criterios de evaluación según normativa chilena

Los procedimientos para la extracción, preparación y ensayos a compresión y tracción por hendimiento de testigos cilíndricos de hormigón endurecido actualmente se rigen por la norma NCh1171/1.Of2012, Hormigón - Testigos de hormigón endurecido – parte 1: Extracción y ensayo y, de manera complementaria, los procedimientos para evaluar los resultados de resistencia a compresión y hendimiento de testigos de hormigón endurecido, extraídos y ensayados según NCh1171/1, se establece en la norma NCh1171/2.Of2001, Hormigón – Testigos de hormigón endurecido – Parte 2: Evaluación de resultados de resistencia mecánica.

Los criterios convenidos, concertados y acordados para la evaluación de resultados de compresión de testigos a la edad del ensayo son:

- I. $R_{pm} \geq 0,85 f_{cil}$
- II. $R_{pi} = 0,75 f_{cil}$

en que:

R_{pi} = resultado de resistencia del testigo a la edad de ensayo, expresada en probeta cilíndrica, MPa;

R_{pm} = promedio aritmético de los resultados de resistencia de los testigos que conforman el lote a evaluar, MPa;

f_{cil} = resistencia a compresión especificada en el proyecto, expresada en probeta cilíndrica, MPa;

0,85 y 0,75 = constantes de evaluación, adimensionales.

La norma habla de resistencia potencial y resistencia real según las siguientes definiciones:

Resistencia real: “resistencia de un testigo de hormigón extraído de un elemento y ensayado según NCh1171/1 y expresado como resistencia según NCh170, que corresponde a una estimación de la resistencia del hormigón en lugar de extracción sin corregir por efecto de curado, la edad o grado de compactación”. Es decir, se habla de la resistencia que tiene el hormigón puesto en obra, compactado y curado bajo condiciones reales. Esta resistencia otorgada por el elemento es relevante para conocer las características resistentes del hormigón de la estructura habilitando, de manera sistemática, la determinación del cumplimiento con las normas o especificaciones técnicas y/o la determinación de la resistencia mecánica del hormigón de una estructura existente o efectuar estudios específicos.

Resistencia potencial: “resistencia de una muestra de hormigón extraída según NCh171, confeccionada según NCh1017, ensayada según NCh1037 y expresada como resistencia a los 28 días, cuyas condiciones de curado, edad y grado de compactación están normalizadas según NCh170, siendo diferentes de las aplicadas en obra”. De esto se puede complementar diciendo que refiere a la resistencia del hormigón simulando las mismas condiciones de manera normalizada efectuada en laboratorio.

4.4.1.1) Consideraciones ACI 318S-11

La evaluación de los resultados de la resistencia a compresión de los testigos de hormigón a la edad del ensayo, extraídos y ensayados según NCh1171/1, se acepta si se cumple simultáneamente con los criterios señalados en la NCh1171/2. Los criterios mencionados asumen constantes de evaluación que

determinan finalmente la aceptación o rechazo de los testigos; dichas constantes son 0,85 y 0,75. Estos valores, según el comentario del anexo A (informativo) de la norma NCh1171/2 son adoptados considerando que son estimaciones establecidas por ACI 318 para testigos sometidos a ensayo de compresión y son los factores corrientemente utilizados en Chile para hormigón tradicional de estructuras.

Dicho lo anterior, la constante de evaluación, 0,85, es un porcentaje que se ha establecido únicamente como una base racional para juzgar las condiciones de obra^{6,7}. El código establece que si el resultado de las probetas curadas en obra fallan en alcanzar el 85% de la resistencia de las probetas compañeras curadas en laboratorio, se consideran satisfactorios si exceden en más de 3,5 MPa a la resistencia f'_c especificada, es decir f_{cil} .

Según ACI 318, estos valores están en razón a probetas curadas en obras que, para efectos prácticos, en Chile se refiere a los testigos extraídos en sitio y, análogamente, las probetas curadas en forma estándar mencionadas en el presente código, es decir, la probetas con curado húmedo en laboratorio, para

⁶ Cabe mencionar que, según ACI 318, la constante 0,85 deviene de investigaciones que han demostrado que el promedio de las probetas protegidas y curadas para simular una buena práctica en obra (que en Chile se entiende que aquellas probetas protegidas y curadas en obra adoptando las condiciones reales de la faena son interpretadas como testigos extraídos en sitio), no deben tener una resistencia menor al 85 por ciento de la resistencia de probetas estándar con curado húmedo (es decir, de la resistencia de probetas ensayadas en laboratorio).

⁷ Otro aspecto a considerar de esta constante de evaluación, es que el porcentaje se ha establecido con base en la comparación sobre las resistencias reales de probetas compañeras curadas en obra y en laboratorio (es decir, entre testigos que proveen la resistencia real del hormigón versus la resistencia potencial obtenida por probetas formalizadas en laboratorio que devienen de extracciones realizadas desde el panel de prueba), y no entre probetas curadas en obra (testigos de hormigón extraídos en sitio) y el valor especificado de f'_c , que es la resistencia especificada. Dicho esto, se genera una contradicción en la adaptación de estas constantes, ya que la norma chilena NCh1171/2 establece estos valores comparando la resistencia del testigo a la edad del ensayo, R_{pi} y el promedio aritmético de los resultados de la resistencia de los testigos que conforman el lote a evaluar, R_{pm} , con la resistencia a compresión especificada en el proyecto expresada en probeta cilíndrica, f_{cil} . No obstante, para efectos de este trabajo, se soslaya esta observación.

efectos prácticos, en Chile se refiere a los testigos extraídos en laboratorio desde el panel de prueba del hormigón proyectado otorgando resultados de resistencia potencial del hormigón. Asimismo, la norma señala que los ensayos de probetas que tengan un promedio del 85% de la resistencia especificada son realistas, ya que no es realista esperar que los ensayos de probetas (o núcleos se mencionan) den valores iguales a f_c , ya que las diferencias en el tamaño de las probetas, las condiciones y los procedimientos de curado no permiten que se obtengan valores iguales.

Además, estas instrucciones son aplicables en la evaluación en sitio de la resistencia en el momento de la construcción; para el caso de la evaluación de la resistencia de estructuras existentes, se establece otra metodología. Dicha metodología de evaluación, está referida en el capítulo “Evaluación de la resistencia de estructuras existentes”, lo cual, establece un procedimiento de evaluación llamado *prueba de carga*.

Otro aspecto relevante a tener en cuenta de esta norma, es que para los resultados de las resistencias obtenidas de las probetas curadas en laboratorio se consideran satisfactorios si cumplen con los siguientes requisitos:

- a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f'_c .
- b) Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que f'_c por más de 3,5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de 0,10 f'_c cuando f'_c es mayor a 35 MPa.

Discurriendo en estos parámetros, se tiene que la resistencia de cada probeta ensayada en laboratorio, a partir de los paneles de prueba, para obtener la resistencia potencial son satisfactorios si se cumple que:

- a) $f_3 \geq f_c$
- b) Si $f'_c \leq 35$ MPa, $f_i \geq f'_c - 3,5$ MPa⁸
 Si $f'_c > 35$ MPa, $f_i \geq 0,90 f'_c$

en donde:

- f_3 = promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos, en MPa;
 f_c = resistencia especificada a la rotura por compresión, en MPa;
 f_i = resultado individual del ensayo de resistencia, en MPa.

A partir de esto, ACI 318S-11, en el ítem 5.6.3.3, constituye criterios de evaluación para las probetas ensayadas en laboratorio que no están contempladas en la normativa chilena.

4.4.2) Otros criterios de evaluación para hormigón proyectado

En otros países, donde el hormigón proyectado se ha desarrollado y, por tanto, se han establecido normas y códigos a nivel nacional para regular y controlar la calidad del hormigón proyectado, se encuentra que se han estudiado criterios para evaluar al shotcrete. Dichos criterios, están con base en el control del hormigón fresco y hormigón endurecido evaluando, rudimentalmente, el comportamiento potencial y real de la resistencia del hormigón.

Haciendo un contraste con el escenario nacional; en Chile, la evaluación básicamente se sujeta a criterios estadísticos y evaluaciones del nivel de control de ensayos, en donde, previamente especificado, se reglamenta la ejecución de

⁸ Los 3.5 MPa considerados en este criterio es utilizable y aplicable para todo hormigón utilizado en “estructuras” diseñado conforme al reglamento ACI318S-11.

la evaluación por medio de testigos de hormigón extraídos *in situ*, o bien, en consecuencia por la inconformidad de los resultados de la resistencia potencial.

De lo señalado en el párrafo anterior, se observa que los criterios de evaluación constituidos en la norma NCh1171/2 pretenden evaluar la resistencia de los testigos extraídos del sitio de colocación del hormigón; hormigón endurecido, en cambio, los códigos internacionales que persiguen dicha evaluación, sostienen una evaluación directa a los resultados obtenidos como resistencia potencial y resistencia real. Dicho esto, los hormigones son aceptados o rechazados si cumplen con la resistencia potencial y real; de manera correlativa, en Chile los criterios de aceptación o rechazo del hormigón derivan de dichas resistencias relacionando la resistencias otorgadas por los testigos, y su cumplimiento a partir de cierto porcentaje en relación a las resistencias reales y potenciales.

Desde esta premisa, es pertinente considerar otros criterios de evaluación de testigos extraídos del panel de prueba para su postrera serie de ensayos correspondientes.

4.4.2.1) Criterios de evaluación según norma noruega

La normativa noruega establece criterios de evaluación para el autocontrol y para el productor de hormigón.

A diferencia de la normativa chilena, en Noruega se tiene en consideración la evaluación que realizan las plantas proveedoras de hormigón, estableciendo exigencias de aceptación de hormigón según las resistencias que deriven de ensayos realizados al hormigón.

En Chile, las muestras de hormigón extraídas para determinar la resistencia potencial del material, están señaladas de manera sistemática en la norma NCh171.Of2008. La norma indica los procedimientos para extraer muestras representativas del hormigón fresco que se destinan a ensayos; las muestras destinadas a evaluar la calidad potencial del hormigón, son las muestras de fabricación, que se extraen en el lugar más próximo a la salida de la hormigonera o del camión mezclador. Dicho esto, se entiende que los criterios establecidos por la normativa noruega para evaluar al productor de hormigón responden a la evaluación de muestras de fabricación que buscan conocer el comportamiento potencial del hormigón utilizado.

Criterios de evaluación para autocontrol

- a) $R_i > f_c - 50$
- b) $R_p > f_c + 20$

Criterios de evaluación para el productor de hormigón

- a) $R_i > f_c - 50$
- b) $R_p > f_c + 50$

en donde:

- R_i = Resistencia individual del testigo, en Kgf/cm².
- R_p = Resistencia promedio del testigo, en Kgf/cm².
- f_c = Resistencia especificada a la rotura por compresión, en Kgf/cm².

Por otro lado, la norma chilena NCh1934.Of92, “Hormigón preparado en central hormigonera” establece y define los aspectos técnicos involucrados en la transferencia del hormigón preparado, entre el suministrador y el comprador.

Dentro de sus consideraciones, está estipulado el control del hormigón, tanto para la producción, como para la recepción.

Respecto al control de producción, este refiere al registro continuo del control de calidad del hormigón para los fines de aplicar la desviación normal ponderada de la planta habilitando al comprador el libre acceso a dichos registros de controles de la planta. El control básico dispuesto en la norma, son los ensayos de resistencia mecánica.

Dicho esto, y en conjunto con lo determinado en el código ACI 318, la desviación estándar que se obtiene de los registros de la planta proveedora de hormigón es una medida que idealiza la habilidad del productor del hormigón para manejar las variabilidades en materiales, producción y ensayo del hormigón.

4.4.2.2) Criterios de evaluación según norma austriaca

En la normativa austriaca se encuentra que los criterios de evaluación establecidos para los testigos de hormigón proyectado se clasifican en criterios para un volumen mayor a 15 muestras y criterios de evaluación para 5 a 6 muestras de hormigón.

Criterios de evaluación para 15 muestras o más

- a) $R_i > f_c - 40$
- b) $R_p > f_c + 1,48 \cdot \sigma$

Criterios de evaluación para 5 a 6 muestras

- a) $R_i > f_c - 40$
- b) $R_p > f_c + 20$

en donde:

R_i = Resistencia individual del testigo, en Kgf/cm².

R_p = Resistencia promedio del testigo, en Kgf/cm².

f_c = Resistencia especificada a la rotura por compresión, en Kgf/cm².

σ = Desviación estándar de las quince muestras.

4.5) OTRAS EVALUACIONES

Sin perjuicio de lo anterior, existen otros criterios y formas de evaluar el comportamiento estructural del hormigón. En Chile, como también en otros países tales como Estados Unidos, metodologías complementarias y suplementarias eventualmente se mantienen con poco uso para el control o la aceptación de la resistencia del concreto en obra. Con el objeto de aclarar o extender la investigación, se nombran algunas.

4.5.1) Resistencia a la tracción por hendimiento del hormigón

Ensayo normalizado por la NCh1170. Esta es una manera de evaluar el hormigón cuando existen especificaciones de diseño del hormigón que indican el empleo de un valor de resistencia a la tracción por hendimiento del hormigón, f_{ct} . En tales casos, se debe establecer un valor de f_{ct} correspondiente a f'_c .

5) CAPÍTULO V: Mediciones y Análisis de Resultados

5.1) CONSIDERACIONES PREVIAS

5.1.1) Conversión por esbeltez

Dado que los testigos que se extraen normalmente tienen medidas irregulares que pocas veces son las convencionales, es decir, de 150 [mm] de diámetro y 300 [mm] de alto, cuya esbeltez es 2, siendo este el testigo cilíndrico normalizado, la norma NCH1171/1 establece factores de corrección por esbeltez dada por la siguiente ecuación que responde a valores de la tabla 5.1.

$$R_{cilindro} = R_{testigo} \times K_1 \quad \text{Fórmula 5.1}$$

Tabla 5.1 Factores de conversión por esbeltez del testigo, K_1

Esbeltez h/d	Factor de corrección de la resistencia K_1
Entre 1,76 y 2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87
NOTA – Se puede interpolar para valores no incluidos en la tabla.	
Fuente: Tabla 1 – Factores de corrección por esbeltez del testigo, k_1 , NCh1171/1.Of2012	

5.1.2) Corrección por edad

La norma NCh1171/2 señala que los criterios de evaluación establecidos conllevan en si las constantes 0,85 y 0,75, la cuales, hacen innecesario, en la

mayoría de los casos, la corrección por edad al determinar el cumplimiento de la resistencia especificada en el proyecto.

5.1.3) Factores de conversión para probetas de compresión

Como lo prescribe la NCh170.Of85⁹, las probetas de hormigón se rompen con diferentes tensiones según sus dimensiones y geometría.

Los proyectos especifican la resistencia del hormigón expresada en valores de resistencia a la compresión de cubos de 200 [mm] de arista. Por tanto, ya que los resultados de resistencia a compresión en los testigos están señalados para probetas cilíndricas de 150 [mm] de diámetro, se debe realizar la conversión de los valores a los de las probetas cúbicas de dimensión básica antes señalada.

Una vez corregido el valor de la resistencia por su esbeltez existen dos formas para realizar la evaluación convirtiendo los valores a resistencias a compresión de probetas cúbicas o cilíndricas.

La primera forma es convertir la resistencia especificada como resistencia a compresión de una probeta cúbica a resistencia a compresión de una probeta cilíndrica.

La otra forma, es convertir cada uno de los valores dados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas a valores de resistencia a compresión de probetas cúbicas.

⁹ La actual revisión de la norma contempla cambios relevantes y que influyen en las consideraciones de este capítulo; uno de los cambios significativos es que la nueva norma NCh170 no contempla resistencias a la compresión de probetas cúbicas. Ahora, según el estudio, se clasifican en grados G.

De ambas formas, la más rápida y conveniente es convertir la resistencia a compresión especificada para probetas cúbicas en resistencia a compresión de probetas cilíndricas. A partir de esta conversión, se puede evaluar según los criterios señalados en la NCh1171.

A continuación, se presenta la ecuación que relacionan las resistencias de ambas probetas y la tabla que establece los valores de conversión K_3 .

$f_c = K_3 f_{cil}$	Fórmula 5.2
---------------------	--------------------

en que:

- f_c = Resistencia sobre probetas cúbicas; kgf/cm².
- f_{cil} = Resistencia sobre probetas cilíndricas; kgf/cm².
- K_3 = Coeficiente indicado en la siguiente tabla.

Tabla 5.2 Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas

f_c kgf/cm ²	f_c MPa	K_3	f_{cil} kgf/cm ²	f_{cil} MPa
50	5	1,25	40	4
100	10	1,25	80	8
150	15	1,25	120	12
200	20	1,25	160	16
250	25	1,25	200	20
300	30	1,20	250	25
350	35	1,17	300	30
400	40	1,14	350	35
450	45	1,13	400	40
500	50	1,11	450	45
550	55	1,10	500	50
600	60	1,09	550	55

Fuente: Tabla 19 – Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas. NCh170.Of85.

NOTA: Cuando el proyecto está especificado en resistencia cilíndrica no es necesario esta conversión.

5.2) ACERCA DE LOS DATOS

Los datos utilizados en esta memoria devienen del listado de informes de extracción de testigos en el diseño y construcción de proyecto minero donde el hormigón especificado está dado por SH 300 90 10 20, por tanto, de grado 25.

5.3) METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Ya se han expuesto los diferentes criterios de evaluación utilizados tanto en Chile, como también en otros países, tales como Austria, Noruega y Estados Unidos.

Después de haber utilizado distintas maneras para correlacionar los resultados entre resistencias inferiores y promedios para encontrar algún comportamiento lineal entre ambas variables, se optó por analizar las medidas de dispersión que se presentaban en el conjunto de datos.

Dicha medida de dispersión, indica la desviación que tiene la distribución de los resultados que, finalmente, son los utilizados para las distintas evaluaciones.

Con el objeto de encontrar una relación estadística entre los datos, se opta por evaluar la desviación estándar móvil de la muestra en sus distintos grados de evaluación, ya sea, cada 30, 25, 20, 15, 10 y 5 muestras de hormigón, resultando un total de 240 muestras que representan a 720 testigos de hormigón proyectado, cantidad suficiente para inferir en los resultados y juzgar, a partir de los

resultados, acerca del criterio de evaluación que más representa los distintos factores que influyen en la resistencia final de los testigos extraídos en sitio.

Se evalúan 30, 25, 20 y 15 muestras ya que el ACI318, en sus criterios para dosificación del hormigón establece estas condiciones y, para conocer el comportamiento real en todas las muestras, se agregan 10 y 5 muestras.

El concepto de desviación estándar móvil refiere a evaluaciones que se realizan con el objeto de obtener la representación de las desviaciones de todos los datos en distinto orden. En la siguiente tabla (ver tabla 5.3), se puede representar el concepto de “desviaciones estándares móviles”.

Tabla 5.3 Cálculo de desviaciones estándares móviles; representación de concepto

Muestra 1	471,4	Desv. 1	28,73
Muestra 2	451,9	Desv. 2	36,37
Muestra 3	439,0	Desv. 3	35,81
Muestra 4	417,7	Desv. 4	59,35
Muestra 5	492,1	Desv. 5	64,44
Muestra 6	396,0	Desv. 6	56,19
Muestra 7	443,0	Desv. 7	66,94
Muestra 8	331,4	Desv. 8	65,75
Muestra 9	471,8	Desv. 9	49,85
Muestra 10	369,6	Desv. 10	48,13
Muestra 11	485,7	Desv. 11	
Muestra 12	418,9	Desv. 12	
Muestra 13	479,6	Desv. 13	
Muestra 14	422,1	Desv. 14	

En esta tabla, se representa el concepto de desviación estándar móvil que, como se puede ver, la desviación estándar 1 corresponde a las muestras 1 al 5. Del mismo modo, la desv. 2 corresponde a las muestras 2 al 6. Las desv. 3 corresponde a las muestras 3 al 7. Así sucesivamente.

Fuente: elaboración propia.

El acto de evaluar las resistencias de los testigos de shotcrete a partir de su desviación estándar está fundamentado en razones tales como: la desviación estándar permite conocer cuánto es lo que varían los datos en proyectos

nacionales y su dispersión; una vez conociendo cuánto es lo que varían se puede inferir a modo de síntesis considerando este valor para la obtención de un criterio que contemple e involucre la dispersión de los datos. Otra razón por la cual se evalúa la desviación estándar es que Austria, siendo un país aventajado en estas materias, analiza los datos a partir de esta representación estadística.

Considerando que influyen diversos factores en la resistencia final del hormigón proyectado, es decir, sabiendo con anterioridad que los factores varían según el país en donde se aplica hormigón proyectado, disponer de datos de proyectos realizados en Chile y utilizar la filosofía de evaluación de shotcrete en Austria habilita discurrir en un mecanismo de evaluación aplicable a resistencias de hormigón proyectado sujetándose a criterios Austriacos contextualizados en valores reales y presentes en Chile.

Obteniendo las desviaciones estándares móviles de las muestras en sus distintas iteraciones, se opta por calcular las desviaciones estándares de las desviaciones estándares, es decir, el promedio de las diferencias o variación esperada con respecto a la media aritmética de las mismas desviaciones estándares móviles. Es decir, se calcula las desviaciones estándares móviles de las desviaciones estándares móviles y se expresa la primera en razón de la segunda para distintas cantidades de muestras. De esto resulta valores progresivos explicados y señalados más adelante en donde, graficando estos datos, se obtiene finalmente una ecuación que permite estandarizar las desviaciones estándares de las distintas muestras.

De esto se obtiene el comportamiento logarítmico (siendo esta la tendencia lineal con un *coeficiente de determinación*, R^2 , de 0,9184, es decir, el más alto en comparación a las demás regresiones) que habilita disponer de un *valor de confianza t*, el cual, es utilizado como medida racional para el aumento de la desviación estándar utilizada habitualmente para evaluación. El aumento de la

desviación estándar responde a las consideraciones dispuestas por el ACI para dosificar el hormigón, lo que está en detalle en el presente capítulo.

5.4) NOMENCLATURA

R_p	=	Resistencia promedio de tres testigos, kgf/cm ² .
σ	=	Desviación estándar de la muestra.
f_{cr}	=	Resistencia promedio a la compresión requerida, kgf/cm ² .
f_c	=	Resistencia especificada a la rotura por compresión, en Kgf/cm ²
S_s	=	Desviación estándar modificada según ACI318.
f_{cil}	=	Resistencia sobre probetas cilíndricas, kgf/cm ² .
t	=	Factor modificador de σ .
R_i	=	Resistencia individual a la compresión de testigos en kgf/cm ² .
R_{pot}	=	Resistencia potencial, kgf/cm ² .
R_{real}	=	Resistencia real, kgf/cm ² .
R_{pp}	=	Resistencia promedio a la compresión de probetas confeccionadas y curadas en laboratorio, kgf/cm ² .
R_{pt}	=	Resistencia promedio a la compresión de testigos extraídos en sitio, kgf/cm ² .
SR_{pp}	=	Desviación estándar de R_{pp} .
SR_{pt}	=	Desviación estándar de R_{pt} .
N_p	=	Número de probetas ensayadas en laboratorio.
N_t	=	Número de testigos extraídos en sitio.
$\frac{(R_{pp} - R_{pt})}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}}$	=	Diferencia media estandarizada.
$ R_{pp} $	=	Resistencia media estandarizada de R_{pp} .
$ R_{pt} $	=	Resistencia media estandarizada de R_{pt} .
R^2	=	Coefficiente de determinación.

NOTA: Para todo valor de R_p , R_i y σ se realizó la conversión de f_c a f_{cil} según capítulo 5.2: “acerca de los datos”.

5.5) ANÁLISIS, SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE DATOS

5.5.1) Resistencia promedio de testigos, R_p

En el anexo B se adjunta tabla en donde se evalúan las resistencias promedios de los testigos de shotcrete mediante los distintos criterios de evaluación. Considerando el criterio más riguroso y que reprueba en mayor porcentaje las resistencias promedios, se opta por otorgar una especial atención al criterio utilizado en Austria para la evaluación del total de muestras (ver tabla 5.4).

Sin perjuicio de lo anterior y según la siguiente tabla resumen, se puede contemplar que los criterios más exigentes son los de Austria, tanto para 15 muestras, como también para el total de las muestras. A estos le siguen la condición prescrita para la evaluación al productor de hormigón utilizado en Noruega, lo cual, es un indicador de las distintas exigencias predispuestas en estos países donde el shotcrete ha adquirido un nivel de relevancia mayor en comparación a otras regiones del planeta por la geometría de su superficie terrestre constituyéndose como pioneros y especialistas en el área de fortificación y sostenimiento de estructuras con el empleo de hormigón proyectado.

Tabla 5.4 Aceptación o rechazo según los distintos criterios considerados				
Origen	Condición	Criterio	% cumple	% no cumple
Chile	Hormigón estructural	$R_i \geq 75\% f_c$	100,00	0,00
		$R_p \geq 85\% f_c$	100,00	0,00
Austria	Para 15 muestras	$R_i \geq f_c - 40$	100,00	0,00
		$R_p \geq f_c + 1,48 \cdot \sigma$	87,50	12,50
	Para total de muestras	$R_i \geq f_c - 40$	100,00	0,00
		$R_p \geq f_c + 1,48 \cdot \sigma$	84,58	15,42
	Para 5 muestras	$R_i \geq f_c - 40$	100,00	0,00
		$R_p \geq f_c + 20$	100,00	0,00
Noruega	Autocontrol	$R_i \geq f_c - 50$	100,00	0,00
		$R_p \geq f_c + 20$	100,00	0,00
	Productor de hormigón	$R_i \geq f_c - 50$	100,00	0,00
		$R_p \geq f_c + 50$	96,25	3,75
Fuente: elaboración propia.				

El criterio de Austria para la evaluación reprueba un aproximado del %15 del total de las muestras a partir de los resultados de resistencia promedio de tres testigos extraídos de la misma zona o sustrato. En resumen, la premisa que se consigna en Austria evalúa el promedio de las resistencias de los testigos a partir de la siguiente inecuación.

$R_p \geq f_c + 1,48 \sigma$	Fórmula 5.3
------------------------------	--------------------

No obstante, a partir de la tabla 5.5, se pueden examinar los valores rechazados por el criterio en contexto obteniendo muestras cuyas resistencias promedio no cumplen con la condición establecida, pero que sus valores están por sobre la resistencia especificada, conllevando en si un retro-análisis para bajar los niveles de exigencia y modificar, convenientemente, la constante que produce un aumento de hasta casi el 50% (constante de 1,48) de la desviación

típica de los datos, inclinando el enfoque de atención a las desviaciones estándares de la muestra.

Tabla 5.5 Muestras rechazadas por su R_p mediante criterio austriaco

N° muestra	R_p	N° muestra	R_p	N° muestra	R_p
21	306,2	86	307,4	177	313,5
22	301,3	88	308,8	179	326,5
23	315,8	90	284,5	181	311,1
24	299,1	101	279,4	216	314,1
26	311,1	110	316,4	218	284,8
27	322,1	111	321,3	221	290,5
37	321,8	118	290,0	226	326,9
46	288,6	119	302,6	231	327,5
49	329,2	121	299,1	234	322,2
50	326,5	122	304,4	238	327,2
59	321,0	162	313,4	239	321,9
61	315,0	164	314,8		
85	324,6	165	277,5	σ	53,55

Fuente: elaboración propia.

Esta colección de datos de resistencia real de testigos extraídos en sitio básicamente habilita conocer los valores de las muestras que no cumplen dicho criterio, destacando la muestra n° 165, que presenta el valor promedio de testigos inferior respecto a total de muestras, cuyo resultado a la resistencia a compresión de un testigo normalizado de esbeltez 2 es 277,5 kgf/cm².

Esto, en el escenario nacional, es desconcertante ya que se según este criterio, se estaría rechazando una muestra (o un conjunto de muestras) aun cuando esta tiene un valor superior a la resistencia característica que es 250 kgf/cm² expresado en probetas cilíndricas.

Lo señalado en el párrafo anterior, demuestra que la aceptación o rechazo de los testigos son susceptibles según el criterio, orden, lugar de aplicación y la

desviación estándar. No obstante, la constante de 1,48 considerada en la normativa austriaca deviene de las condiciones en obra, curado, control y muchos otros factores involucrados en la resistencia final del hormigón.

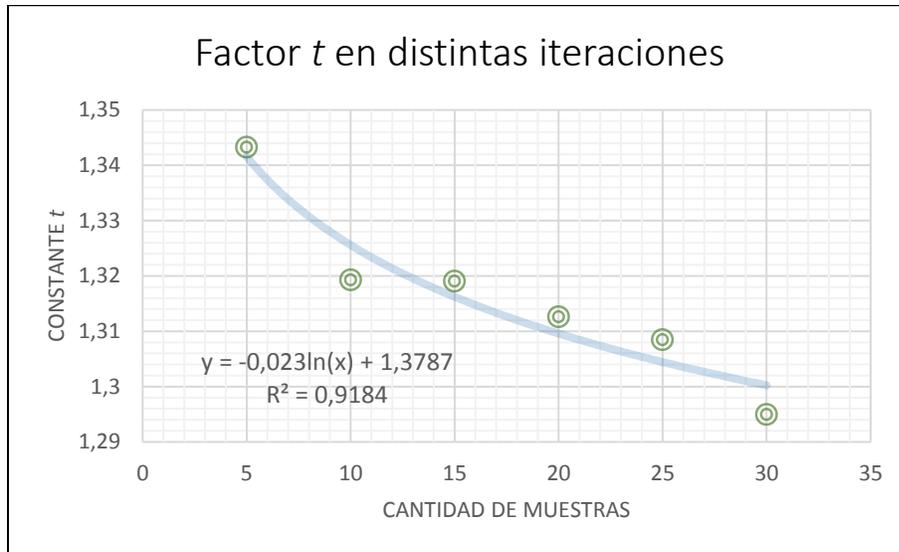
Con el objeto de estandarizar el criterio y ampliarlo para la obtención de un criterio único que evalúe muestras de hormigón de distinto rango y cantidad de muestras, se ha realizado un análisis de las desviaciones estándares lo cual provee de la variación de σ y su incidencia en la parametrización de la aceptación o rechazo de las muestras.

Expresando las desviaciones estándares móviles en función de las desviaciones estándares móviles, en la tabla 5.6, se obtienen los siguientes factores t que modificarán más adelante la desviación estándar según las distintas cantidades de muestras a evaluar.

Tabla 5.6 Factor t para la distintas cantidades de muestras						
Cant. muestras	C30o+M	C25M	C20M	C15M	C10M	C05M
Constante t real	1,295	1,308	1,313	1,319	1,319	1,343
Const. t calculada	1,300	1,305	1,310	1,316	1,326	1,342
Fuente: elaboración propia.						

Según el gráfico 5.1, la constante t calculada está en función de la ecuación extraída del comportamiento logarítmico de los distintos factores para las distintas cantidades de muestras.

Gráfico 5.1 Factor t según las distintas iteraciones



Fuente: elaboración propia.

Las constantes obtenidas responden a la filosofía señalada por ACI318 no para evaluar los testigos de hormigón, sino para la dosificación con el fin de obtener una resistencia promedio a la compresión mayor a la resistencia promedio a la compresión requerida.

Los criterios establecidos en la ACI318S-11 se resumen en la siguiente tabla:

Condición	Criterio [kgf/cm ²]
30 muestras (h° estructural)	$f_{cr} = f_c + 1,34 S_s$
	$f_{cr} = f_c + 2,33 S_s - 35$
15 muestras (h° estructural)	$S_s \cdot 1,16; f_{cr} = f_c + 1,34 S_s$
	$S_s \cdot 1,16; f_{cr} = f_c + 2,33 S_s - 35$
20 muestras (h° estructural)	$S_s \cdot 1,08; f_{cr} = f_c + 1,34 S_s$
	$S_s \cdot 1,08; f_{cr} = f_c + 2,33 S_s - 35$
25 muestras (h° estructural)	$S_s \cdot 1,03; f_{cr} = f_c + 1,34 S_s$
	$S_s \cdot 1,03; f_{cr} = f_c + 2,33 S_s - 35$
Sin datos para S_s (h° estructural)	$f_{cr} = f_c + 83$

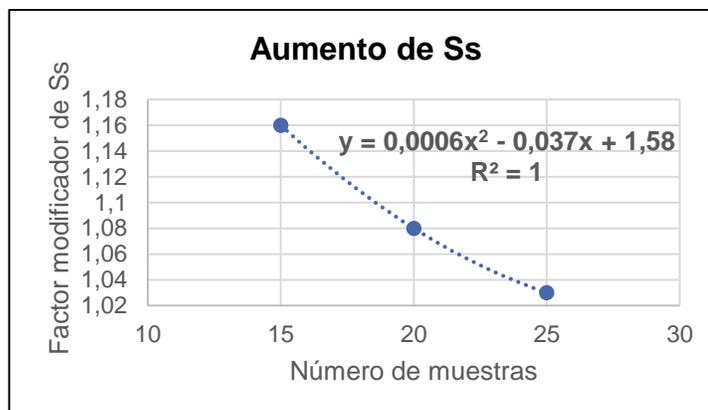
Fuente: ACI318S-11.

Además, para las distintas cantidades de muestras contempladas en la tabla que precede, de las ecuaciones planteadas el reglamento señala utilizar el valor mayor según los distintos criterios. Es decir, el reglamento ACI318 para dosificar el hormigón y así obtener la resistencia requerida a la compresión (f_{cr}) se considera la desviación estándar la que es aumentada por las constantes 1,16; 1,08; y 1,03 según el número de muestra y, a partir de esto, utilizar al mayor valor de las ecuaciones propuestas.

El rudimento consignado por la ACI se estableció con el objeto de evaluar al productor de hormigón cuando se desea dosificar y producir hormigón a partir de las desviaciones estándares de los registros del productor, teniendo o no registros de ensayos para el cálculo de S_s , con el fin de minimizar la frecuencia de resultados de resistencias inferiores a f_c .

La tabla 5.7, señala los criterios dispuestos para la dosificación que aplica para todo hormigón, cuyo f_c sea igual o superior a 17 [MPa], y los registros de ensayos estén dentro de 7 [MPa] de la resistencia del hormigón especificado. Una salvedad de estos valores es que el enfoque principal refiere a hormigón estructural y debe ser tenido en cuenta en este trabajo.

Gráfico 5.2 Aumento polinómico de S_s



Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 5.7, para 15, 20 y 25 ensayos se modifica la desviación estándar, S_s , de manera inversamente proporcional a la cantidad de muestras, lo cual responde a la lógica de la constante t obtenida que se alterada inversamente proporcional a la cantidad de muestra. El ajuste polinómico de línea de tendencia ayuda a ilustrar estos conceptos contemplados en la reglamentación ACI; para todo valor de 30 o más se mantiene la desviación estándar. Esto quiere decir que el reglamento permite aumentar la desviación estándar de la muestra (S_s) por las constantes 1,16; 1,08 y 1,03 obteniendo un aumento inversamente proporcional al número de muestras igual que el factor t que, como se vio anteriormente, es mayor cuando en número de muestras en menor, por lo tanto, mientras menos es la cantidad de muestras, más es el error y dispersión que se genera en los resultados. Esto es incidente en los criterios de evaluación, ya que es necesario aumentar la desviación estándar cuando el número de muestras es bajo 30.

5.5.1.1) Estandarización de criterio de aceptación o rechazo de testigos para 15 o más muestras de hormigón.

Hasta el momento se ha analizado las variables que influyen en la resistencia del hormigón y se ha establecido un criterio general para la evaluación de las resistencias promedios de los testigos mediante la siguiente inequación:

$$R_p \geq f_{cil} + t \cdot \sigma \quad \text{Fórmula 5.4}$$

En que:

f_{cil}	=	Resistencia sobre probetas cilíndricas; kgf/cm ² .
R_p	=	Resistencia promedio de testigos; kgf/cm ² .
σ	=	Desviación estándar de la muestra (15 o más);
t	=	Factor modificador de σ .

El factor t se obtiene a partir del número de muestras (nM), para todo $30 > nM \geq 15$, siendo $t=1$ cuando son 30 o más muestras, con la siguiente ecuación:

$$t = -0,023 \ln(nM) + 1,3787 \quad \text{Fórmula 5.5}$$

5.5.1.2) Estandarización de criterio de aceptación o rechazo de testigos para nM inferior a 15

Esta sección requiere un estudio por separado, ya que al obtener t considerando las precedentes ecuaciones y, a modo de comparación, teniendo en cuenta los demás criterios, se generan notables diferencias en los valores mínimos para la aceptación del hormigón. Es decir, si se utiliza el factor t para evaluar a menos de 15 muestras, el valor de aceptación de las resistencia promedios (R_p) resulta ser muy alto.

Considerando el criterio de dosificación indicado por la ACI cuando no se dispone de 15 muestras o más para establecer una desviación estándar, en este caso, los criterios de dosificación vienen dado por la siguiente tabla:

Tabla 5.8 Criterios para dosificación cuando no hay datos para calcular S_s	
Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	
Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f_c < 21$	$f_{cr} = f_c + 7,0$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,3$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1,10 f_c + 5,0$

Fuente: ACI318S-11

Para establecer una correlación entre los distintos criterios considerados en este trabajo, se ha concebido un supuesto necesario de evaluación, estimando de este modo la evaluación de un cilindro normalizado de esbeltez 2 cuya resistencia a la compresión es $f_{cil} = 25$ [MPa].

Obteniendo los resultados de las distintas evaluaciones para 5 y 10 muestras, con $f_c = 30$ [MPa] expresado en cilindro normalizado de esbeltez 2, $f_{cil} = 25$ [MPa], y utilizando todos los criterios aplicables a tal caso, se obtienen los siguientes resultados expresados en kgf/cm^2 (ver tabla 5.9):

Tabla 5.9 Evaluación a 5 y 10 muestras con $f_{cil} = 250 \text{ kgf/cm}^2$								
Origen	Chile	Austria	Noruega (autocontrol)	Noruega (productor)	EEUU (evaluación)	EEUU (dosificación)	Propuesta	
Criterio	$R_p \geq 0,85 f_c$	$R_p \geq f_c + 20$	$R_p \geq f_c + 20$	$R_p \geq f_c + 50$	$R_p \geq f_c$	$f_{cr} \geq f_c + 83$	$R_p \geq f_{cil} + t \cdot \sigma$	
							$\sigma \text{ mín}$	$\sigma \text{ máx}$
$f_{cil} = 250 \text{ kgf/cm}^2$	5 muestras							
$R_p \text{ mín}$	212,5	270,0	270,0	300,0	250,0	333,0	253,2	421,8
$f_{cil} = 250 \text{ kgf/cm}^2$	10 muestras							
$R_p \text{ mín}$	212,5	-	270,0	300,0	250,0	333,0	257,0	390,9
Fuente: elaboración propia.								

Como se contempla en los gráficos 5.3 y 5.4, la evaluación para 5 y 10 muestras respectivamente, de hormigón grado 25, se ven limitadas por los distintos criterios de evaluación. Al utilizar el criterio propuesto anteriormente, el límite que aprueba o rechaza los resultados de las resistencias promedio expone, en sus caso más favorable y desfavorable, es decir, con σ mínimo y máximo, resultados que limitan la resistencia promedio inaplicables en este caso, por tanto, se discurre en otra metodología para asignar el criterio que solventa la mayoría de los parámetros.

Gráfico 5.3 Límites inferiores post-evaluación para 5 muestras

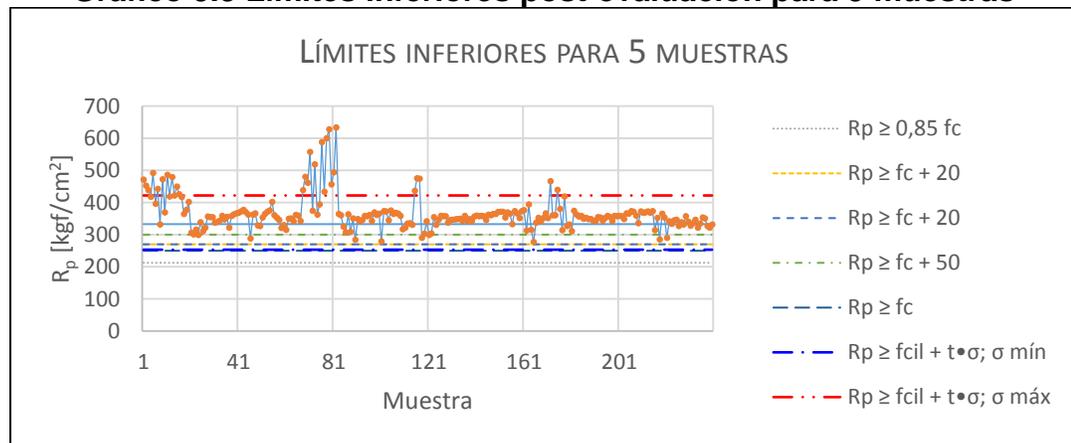
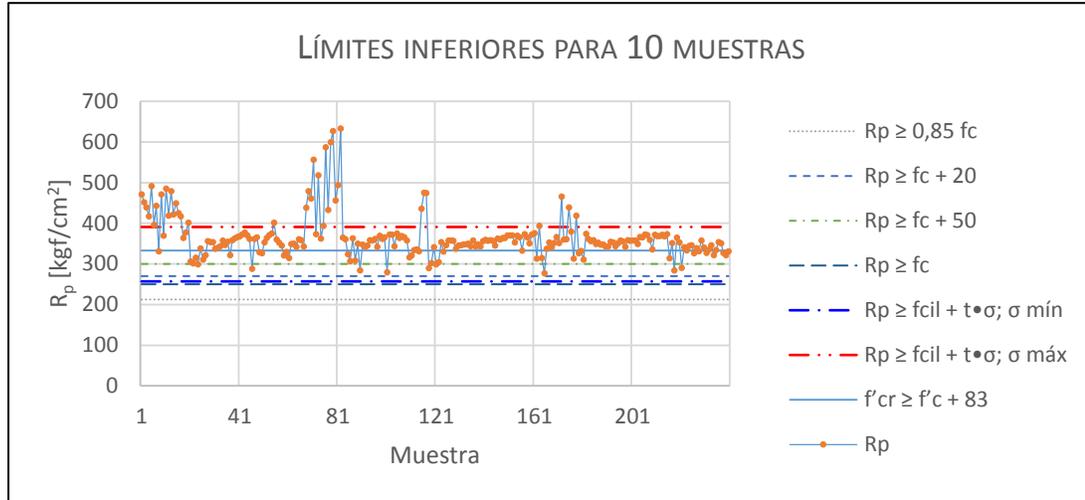


Gráfico 5.4 Límites inferiores post-evaluación para 10 muestras



Fuente: elaboración propia.

En busca de una relación funcional entre los distintos criterios, se obtiene que al obtener los resultados promedios de las resistencias mínimas que debe tener el hormigón según los distintos criterios y grados de hormigón, se presenta una relación lineal entre los promedios la cual deviene de la siguiente tabla.

Tabla 5.10 Valores de resistencia mínima para aprobar según los distintos criterios de evaluación

f_c	Chile	EEUU	Austria	Noruega (auto)	Noruega (prod)	EEUU (dos)	\bar{x} (5M)	\bar{x} (10M)
	$R_p \geq 0,85 f_c$	$R_p \geq f_c$	$R_p \geq f_c + 20$	$R_p \geq f_c + 20$	$R_p \geq f_c + 50$	$f'_{cr} \geq f'_c + 83^{10}$		
0	0	0	20,0	20,0	50,0	83,0	26,7	28,0
50	42,5	50,0	70,0	70,0	100,0	133,0	75,4	76,5
100	85,0	100,0	120,0	120,0	150,0	183,0	124,2	125,0
150	127,5	150,0	170,0	170,0	200,0	233,0	172,9	173,5
200	170,0	200,0	220,0	220,0	250,0	283,0	221,7	222,0
250	212,5	250,0	270,0	270,0	300,0	333,0	272,6	273,1
300	255,0	300,0	320,0	320,0	350,0	383,0	321,3	321,6
350	297,5	350,0	370,0	370,0	400,0	433,0	370,1	370,1
400	340,0	400,0	420,0	420,0	450,0	483,0	420,0	420,0
450	382,5	450,0	470,0	470,0	500,0	533,0	469,6	469,5
500	425,0	500,0	520,0	520,0	550,0	583,0	519,2	519,0
550	467,5	550,0	570,0	570,0	600,0	633,0	568,8	568,5
600	510,0	600,0	620,9	620,9	650,0	683,0	618,3	618,0

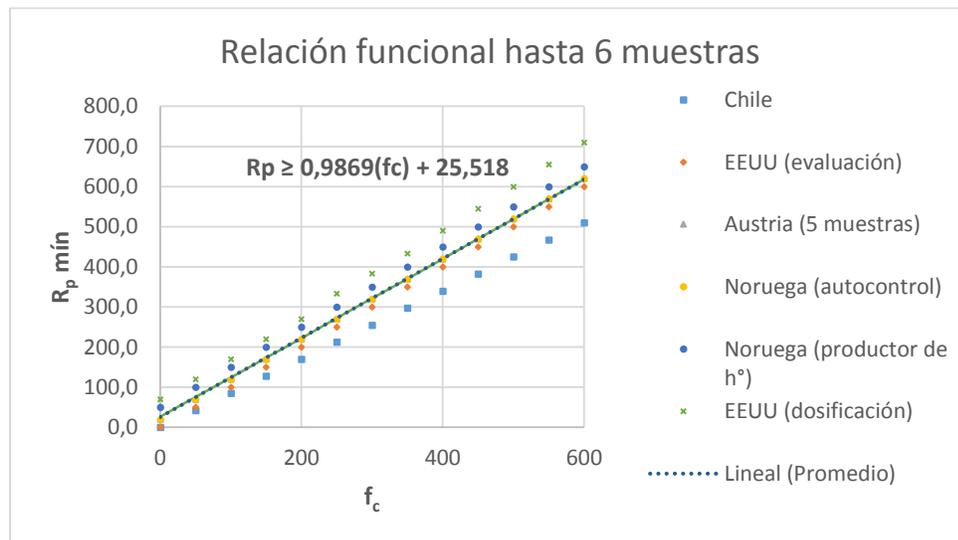
Fuente: elaboración propia.

¹⁰ La constante 83 se aplica para hormigones que tengan entre 21 y 35 [MPa] de resistencia, para valores inferiores la constante es 70 y para grados superiores la constante es 50 más 1,10 de f_c .

A partir de estos datos, se obtiene una relación funcional entre los distintos criterios utilizados que vienen dados por los siguientes gráficos representativos 5.5 y 5.6.

En la tabla 5.10 se han considerado valores de resistencia f_c hasta de 0, 50, 100, 150 y 200 kgf/cm² con el objeto de conocer linealmente el comportamiento real de las distintas exigencias propuestas por los criterios¹¹.

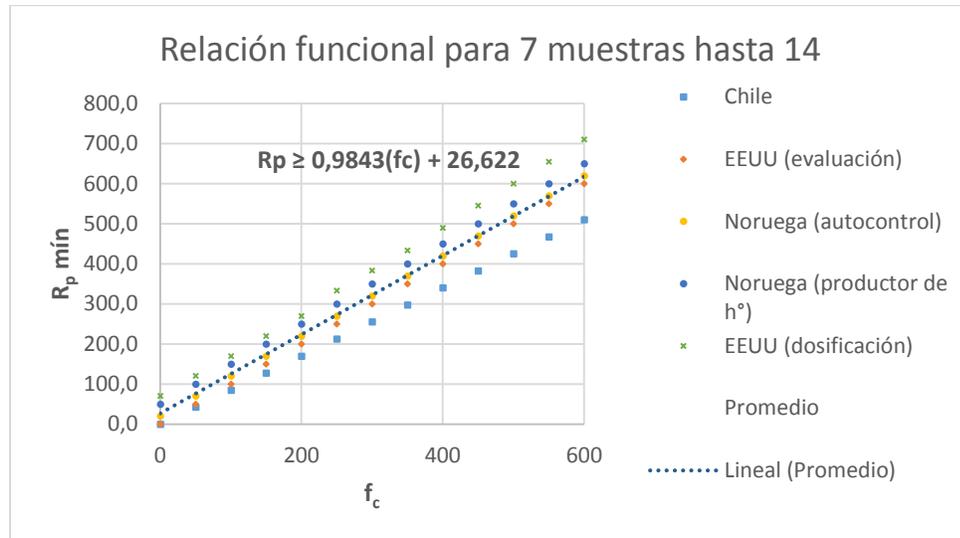
Gráfico 5.5 Relación funcional hasta 6 muestras



Fuente: elaboración propia.

¹¹ Los valores de resistencias considerados en este párrafo no tienen uno actual para shotcrete; generalmente son usados para emplantillados en el caso de hormigones pobres o para pavimentos. No obstante, como se mencionó, solo son utilizados con el fin de establecer una regresión lineal entre los datos.

Gráfico 5.6 Relación funcional para 7 muestras hasta 14



Fuente: elaboración propia.

Proponer un criterio según los datos considerados en este estudio se torna difícil por la carencia de diversos factores que finalmente son los que modifican las resistencias mínimas señaladas por los distintos criterios, no obstante, se tiene presente que dichos criterios, principalmente los de Austria y Noruega, devienen de investigaciones centralizadas en el hormigón proyectado, asumiendo diferencias aceptadas que se presentan por las condiciones en obra, curado, colocación, etc. Es por esta razón, que encontrar la relación funcional entre los criterios habilita de alguna forma la obtención de un único criterio que contiene en si la representación de los diferentes parámetros convenidos tácitamente en las inecuaciones propuestas por cada criterio.

5.5.1.2.1) Estandarización de criterio para $nM \leq 6$

Según las premisas consignadas en este estudio, la aceptación o rechazo de las resistencias promedio de los testigos de shotcrete, para 6 muestras o menos, viene dada por la siguiente inecuación:

$$R_p \geq 0,9869(f_c) + 25,5$$

Fórmula 5.6

5.5.1.2.2) Estandarización de criterio para $7 \leq nM \leq 14$

Conservando el mismo rudimento, la aceptación o rechazo de los testigos de shotcrete, desde 7 a 14 muestras, viene dada por la siguiente inequación:

$$R_p \geq 0,9843(f_c) + 26,6$$

Fórmula 5.7

5.5.1.2.3) Estandarización de criterio para $nM \leq 14$

Al observar los diferentes criterios obtenidos, se puede notar que la diferencia entre ambos es despreciable, ya que si f_c fuera 250 kgf/cm^2 , la resistencia promedio mínima de los testigos de hormigón proyectado para ser aceptado debería ser 272 y 273 kgf/cm^2 (en valores aproximados) respectivamente, por lo que se opta por considerar el caso más desfavorable y a la vez más exigente, el cual es para el caso del segundo criterio obtenido.

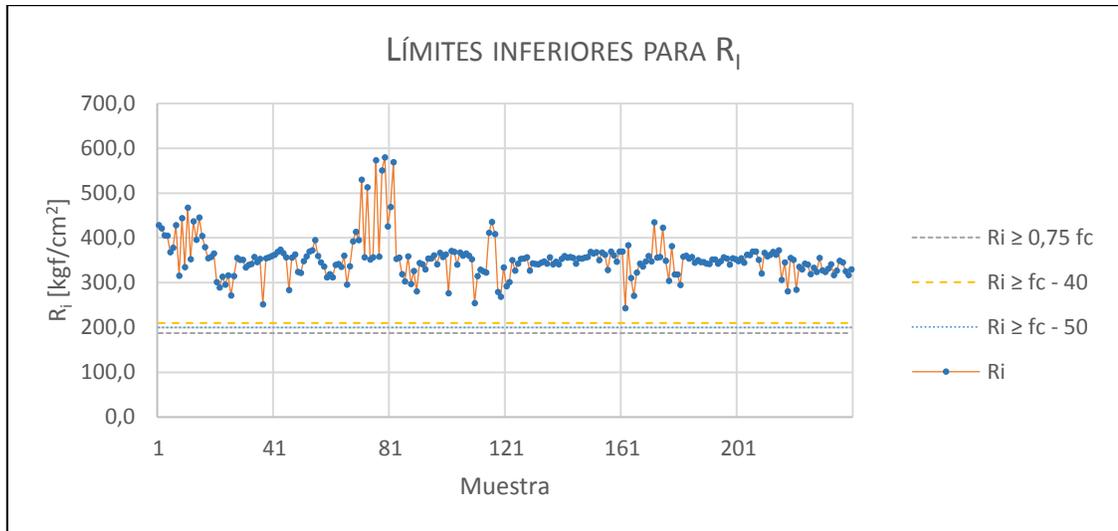
$$R_p \geq 0,9843(f_c) + 26,6$$

Fórmula 5.7

5.5.2) Resistencia inferior de testigos, R_i

Los límites inferiores aceptados por los criterios en estudio vienen dado por el siguiente gráfico:

Gráfico 5.7 Límites inferiores para R_i



Fuente: elaboración propia.

Como se logra apreciar en el gráfico, ninguna muestra es rechazada por las distintas exigencias planteadas por los criterios. Considerando que $f_{cil} = 250$ [kgf/cm²], en Chile el límite inferior que discrimina entre la aceptación y rechazo de los testigos resulta ser ≈ 188 [kgf/cm²], es decir, menos 63 [kgf/cm²] aprox. Por tanto, para $f_{cil} = 250$ [kgf/cm²], los valores mínimos están dados en la siguiente tabla.

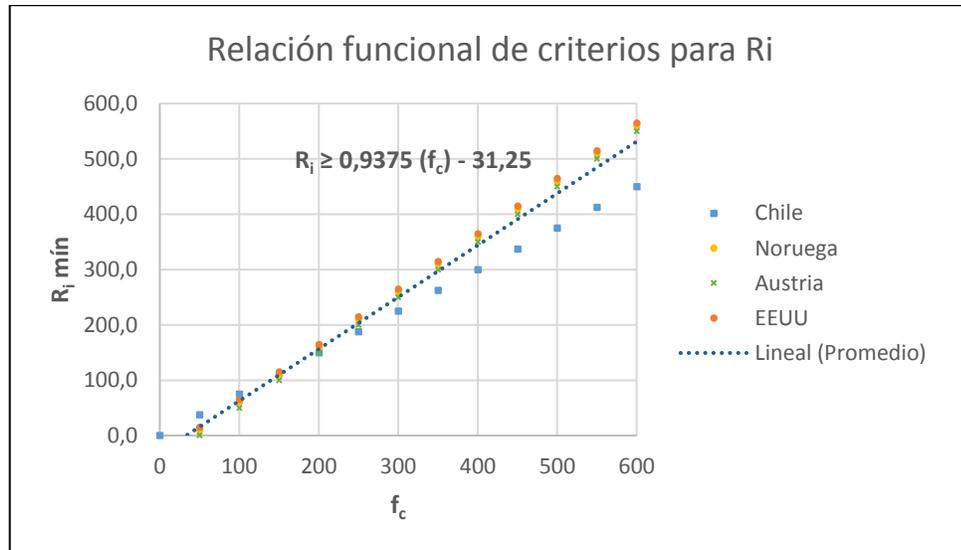
Tabla 5.11 Criterios para R_i cuando $f_c = 25$ [MPa]				
f_c	Chile	EEUU	Austria	Noruega
250	$f_c - 62,5$	$f_c - 35$	$f_c - 40$	$f_c - 50$

Fuente: elaboración propia.

5.5.2.1) Estandarización de criterio para aceptación o rechazo de los testigos de hormigón proyectado a partir de su R_i

La sencilla tabla que precede básicamente permite ilustrar las diferencias entre las exigencias propuestas por los diferentes criterios, siendo la de mayor grado la utilizada en Chile.

Gráfico 5.8 Relación funcional entre criterios para R_i mínimo



Fuente: elaboración propia.

A partir del gráfico anterior, establecer un criterio único para la evaluación de las resistencias inferiores proviene básicamente de los criterios utilizados en Austria, Noruega, EEUU y Chile. Esto, a modo de convergencia entre los parámetros, resulta rudimental y matemáticamente sencillo, no obstante, es una de las pocas maneras de estandarizar el criterio para rechazar o aceptar los testigos a partir de su R_i . Lo anterior se ha realizado dando por supuesto que los criterios utilizados fuera de Chile contienen en sus constantes las diferencias que habitualmente se generan en obra.

Un aspecto importante a destacar son los bajos rangos que exige actualmente la normativa chilena; con la siguiente propuesta se pretende simpatizar con los demás criterios utilizados especialmente para hormigón proyectado (Austria y Noruega), acercándose a las exigencias requeridas.

Finalmente, el criterio propuesto para rechazar o aceptar los testigos que representan a una zona dada de hormigón proyectado es:

$$R_i \geq 0,9375(f_c) - 31,25$$

Fórmula 5.8

5.6) RELACIÓN FUNCIONAL ENTRE RESISTENCIA POTENCIAL Y REAL

Con el objeto de establecer la relación que existe entre la resistencia potencial de probetas curadas en laboratorio y resistencia real de testigos extraídos en sitio, se ha establecido una correlación estadística para dicho objetivo.

5.6.1) Acerca de los datos

Para realizar la relación en contexto, se seleccionaron datos de la resistencia de los testigos extraídos en alguna zona determinada, ya sea Zona A, B, C y D. A estos datos, se les asocia muestras de hormigón fresco destinadas a la evaluación potencial del hormigón en condiciones de laboratorio curados y confeccionados según NCh1017, y las respectivas normas asociadas a esta.

Debido a la dificultad para encontrar resistencias potenciales del mismo lugar en donde se utilizó aquel hormigón y de donde posteriormente se extrajeron los testigos, el criterio de selección de datos consideró utilizar las muestras extraídas en mismo día cuando se proyectó el hormigón de la cual se extrajeron los testigos y de la misma zona. Sin perjuicio de lo anterior, hubo muestras que precisamente no pertenecen a la misma ubicación de donde se extrajeron los testigos, pero si del lugar más cercano a esta y, análogamente, también se encontraron muestras

extraídas tanto el mismo día de confección, en la misma zona y en la misma ubicación. Los datos utilizados se pueden ver en el Anexo C.

5.6.2) Metodología

Para encontrar una relación entre R_{pot} y R_{real} , se ha optado por utilizar una prueba de hipótesis para evaluar la diferencia entre 2 medias muestrales de poblaciones independientes entre sí, de desviaciones estándar desconocidas y distintas. (González Lizama, 2013)

La forma del estadístico de la presente prueba de hipótesis es:

$$t_0 = \frac{(R_{pp} - R_{pt})}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}}$$

Fórmula 5.9

Al término $\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}$ es conocido como error estándar de la diferencia

entre dos medias, mientras que al término $\frac{(R_{pp} - R_{pt})}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}}$, como diferencia

media estandarizada.

De lo anterior, se puede obtener la resistencia media estandarizada de las R_{pt} en razón de R_{pp} , mediante la siguiente ecuación:

$$|R_{pt}| = \frac{R_{pt}}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}}$$

Fórmula 5.10

Del mismo modo, la resistencia media estandarizada de las Rpp en razón de Rpt, está dada por la siguiente ecuación:

$$|R_{pp}| = \frac{R_{pp}}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}}$$

Fórmula 5.11

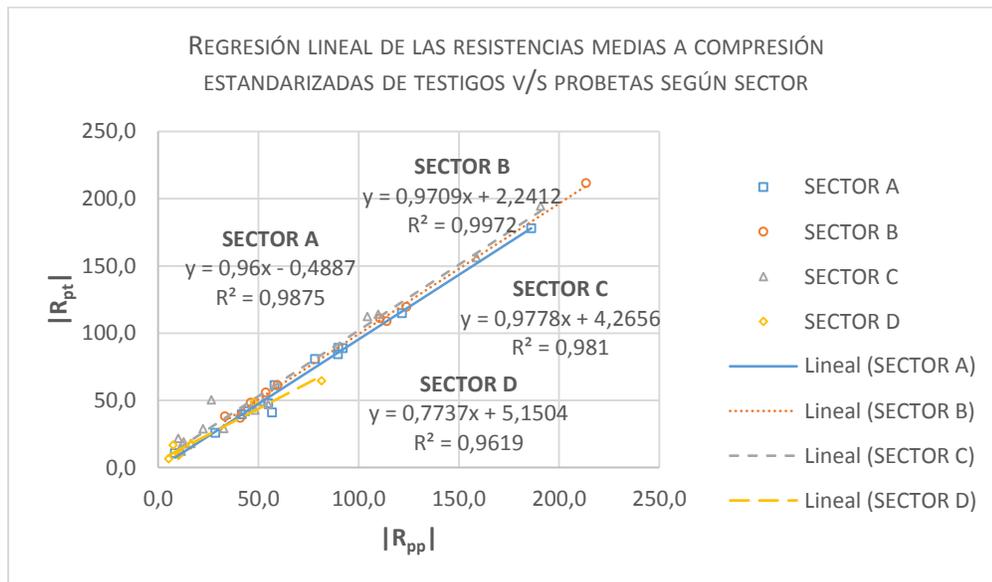
Tabla 5.12 Cálculo de resistencias medias estandarizadas

	R_{pp}	SR_{pp}	N_p	R_{pt}	SR_{pt}	N_t	Error estad.	 R_{pp} 	 R_{pt}
SECTOR A	379	10,397	3	330	5,881	3	6,896	55,0	47,9
	291	10,186	3	278	6,557	3	6,994	41,6	39,7
	348	5,779	3	337	12,615	3	8,011	43,5	42,1
	323	5,353	3	341	8,005	3	5,560	58,1	61,4
	401	7,695	3	290	9,504	3	7,060	56,8	41,1
	328	17,783	3	299	9,012	3	11,510	28,5	26,0
	370	0,898	3	354	3,327	3	1,990	186,1	178,0
	367	2,564	3	347	4,554	3	3,017	121,6	114,9
	371	6,912	3	358	0,927	3	4,026	92,1	88,8
	349	3,127	3	346	5,955	3	3,883	89,8	89,2
	353	4,509	3	364	6,371	3	4,506	78,3	80,8
	354	5,489	3	333	4,074	3	3,946	89,7	84,4
365	16,129	3	475	74,742	3	44,146	8,3	10,8	
SECTOR B	320	8,927	3	365	13,988	3	9,580	33,4	38,1
	357	4,412	3	345	2,344	3	2,885	123,8	119,5
	327	6,047	3	341	8,660	3	6,098	53,6	56,0
	355	2,236	3	339	4,900	3	3,110	114,0	109,0
	348	11,726	3	365	5,766	3	7,544	46,1	48,4
	347	4,945	3	348	2,235	3	3,133	110,6	111,1
	356	2,388	3	353	1,627	3	1,668	213,4	211,7
	370	7,633	3	336	13,699	3	9,054	40,9	37,1
358	5,452	3	369	8,862	3	6,007	59,6	61,4	
SECTOR C	348	3,968	3	309	11,832	3	7,205	48,3	42,9
	233	26,222	3	346	20,964	3	19,383	12,0	17,8
	335	3,385	3	348	4,057	3	3,050	109,7	114,1
	347	3,653	3	342	1,015	3	2,189	158,7	156,3
	355	3,178	3	362	0,521	3	1,860	190,7	194,6
	192	12,252	3	366	2,662	3	7,239	26,5	50,5
	345	4,409	3	372	3,668	3	3,311	104,3	112,5
	408	26,091	3	439	56,650	3	36,009	11,3	12,2
	418	27,041	3	480	57,343	3	36,604	11,4	13,1
	380	17,602	3	494	23,643	3	17,018	22,3	29,0
	266	43,474	3	588	16,400	3	26,826	9,9	21,9
	418	9,711	3	634	56,039	3	32,836	12,7	19,3
	536	27,674	3	600	50,040	3	33,014	16,2	18,2
	511	1,769	3	457	27,078	3	15,667	32,6	29,1
	426	9,000	3	365	9,995	3	7,765	54,9	47,0
374	12,403	3	361	6,438	3	8,068	46,3	44,7	
345	9,356	3	325	6,498	3	6,577	52,4	49,4	
SECTOR D	346	12,071	3	354	3,253	3	7,218	48,0	49,0
	356	3,444	3	322	60,631	3	35,062	10,2	9,2
	429	36,332	3	452	28,243	3	26,569	16,1	17,0
	207	21,402	3	472	43,582	3	28,032	7,4	16,8
	380	29,569	3	492	124,847	3	74,074	5,1	6,6
	452	28,439	3	480	37,872	3	27,344	16,5	17,5
	391	60,225	3	422	24,651	3	37,571	10,4	11,2
	397	8,240	3	316	1,878	3	4,879	81,4	64,7

"R_{pt} y R_{pp} según sector". Fuente: elaboración propia.

NOTA: las resistencias medias estandarizadas no corresponden a resistencias a la compresión propiamente tal, sino que es un indicador estadístico que habilita la obtención de las resistencias a evaluar.

Gráfico 5.9 Regresión lineal de las resistencias medias a compresión estandarizadas de testigos v/s probetas según sector



Fuente: elaboración propia.

Según los datos otorgados por el gráfico 5.9, ya se puede establecer una relación entre las resistencias. No obstante, se opta por eliminar los puntos que se alejan de las rectas según sector a modo de obtener una recta representativa con valores de R² cercanos a 1 ajustado a la regresión más conveniente para dicho efecto.

El criterio para la eliminación seleccionado será descartar todos los pares de resistencias que se alejen más de 1,33 del promedio de $|R_{pt} - |R_{pt}||$ para cada valor dado según sector.

Según este principio, los datos descartados figuran en la tabla 5.13

Tabla 5.13 Cálculo de valores filtrados que cumplen con la condición prescrita

	$ R_{pp} $	$ R_{pt} $	a	b	$ R_{pt} =a R_{pp} +b$	$ R_{pt} - R_{pt} $	$1,33 S_{ R_{pt} - R_{pt} }$	Se elimina par si $ R_{pt} - R_{pt} > 1,33 S_{ R_{pt} - R_{pt} }$
SECTOR A	55,0	47,9	0,960	-0,4887	52,3	4,4	4,3	Des cartado
	41,6	39,7	0,960	-0,4887	39,5	0,2		
	43,5	42,1	0,960	-0,4887	41,2	0,9		
	58,1	61,4	0,960	-0,4887	55,2	6,1		Des cartado
	56,8	41,1	0,960	-0,4887	54,1	13,0		Des cartado
	28,5	26,0	0,960	-0,4887	26,9	0,9		
	186,1	178,0	0,960	-0,4887	178,2	0,1		
	121,6	114,9	0,960	-0,4887	116,2	1,4		
	92,1	88,8	0,960	-0,4887	87,9	0,9		
	89,8	89,2	0,960	-0,4887	85,7	3,5		
	78,3	80,8	0,960	-0,4887	74,6	6,1		Des cartado
	89,7	84,4	0,960	-0,4887	85,6	1,2		
	8,3	10,8	0,960	-0,4887	7,5	3,3		
SECTOR B	33,4	38,1	0,971	2,2412	34,6	3,5	3,4	Des cartado
	123,8	119,5	0,971	2,2412	122,5	2,9		
	53,6	56,0	0,971	2,2412	54,3	1,7		
	114,0	109,0	0,971	2,2412	112,9	3,9		Des cartado
	46,1	48,4	0,971	2,2412	47,0	1,4		
	110,6	111,1	0,971	2,2412	109,6	1,5		
	213,4	211,7	0,971	2,2412	209,4	2,3		
	40,9	37,1	0,971	2,2412	41,9	4,8		Des cartado
	59,6	61,4	0,971	2,2412	60,1	1,3		
SECTOR C	48,3	42,9	0,978	4,2656	51,5	8,6	7,6	Des cartado
	12,0	17,8	0,978	4,2656	16,0	1,8		
	109,7	114,1	0,978	4,2656	111,5	2,6		
	158,7	156,3	0,978	4,2656	159,5	3,2		
	190,7	194,6	0,978	4,2656	190,8	3,8		
	26,5	50,5	0,978	4,2656	30,2	20,3		Des cartado
	104,3	112,5	0,978	4,2656	106,2	6,2		
	11,3	12,2	0,978	4,2656	15,3	3,2		
	11,4	13,1	0,978	4,2656	15,4	2,3		
	22,3	29,0	0,978	4,2656	26,1	2,9		
	9,9	21,9	0,978	4,2656	13,9	8,0		Des cartado
	12,7	19,3	0,978	4,2656	16,7	2,6		
	16,2	18,2	0,978	4,2656	20,1	2,0		
	32,6	29,1	0,978	4,2656	36,1	7,0		
	54,9	47,0	0,978	4,2656	57,9	11,0		Des cartado
	46,3	44,7	0,978	4,2656	49,6	4,8		
	52,4	49,4	0,978	4,2656	55,5	6,2		
SECTOR D	48,0	49,0	0,774	5,1504	42,3	6,8	4,2	Des cartado
	10,2	9,2	0,774	5,1504	13,0	3,8		
	16,1	17,0	0,774	5,1504	17,6	0,6		
	7,4	16,8	0,774	5,1504	10,9	6,0		Des cartado
	5,1	6,6	0,774	5,1504	9,1	2,5		
	16,5	17,5	0,774	5,1504	17,9	0,4		
	10,4	11,2	0,774	5,1504	13,2	2,0		
	81,4	64,7	0,774	5,1504	68,2	3,4		

"Eliminación de pares de resistencias medias a compresión estandarizadas de R_{pt} y R_{pp} según sector mediante criterio señalado".
Fuente: elaboración propia.

Posterior a la reelección de datos, las resistencias estandarizadas $|R_{pp}|$ y $|R_{pt}|$ seleccionadas están enlistadas en la siguiente tabla:

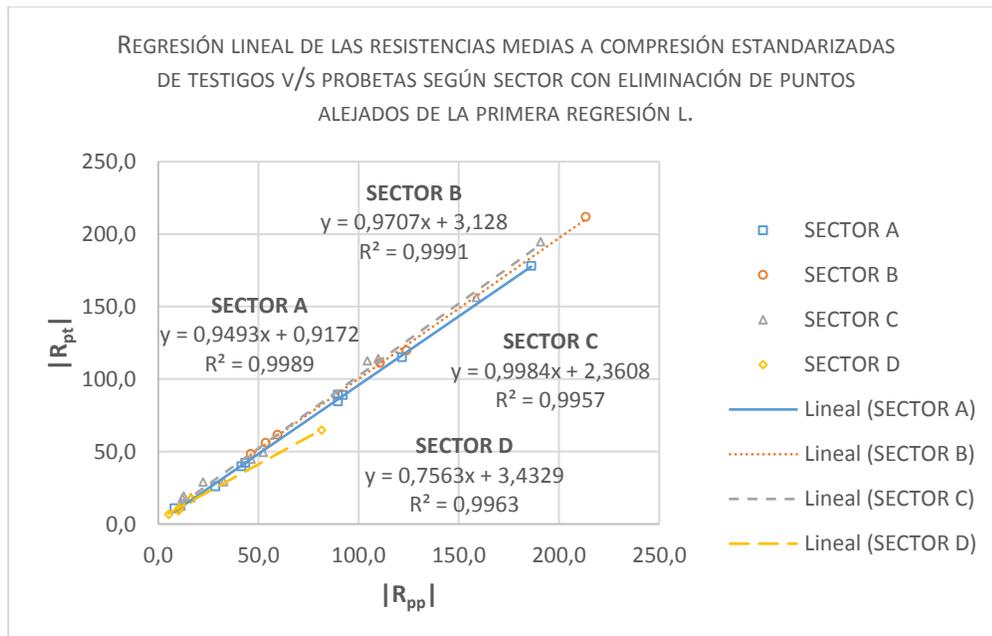
Tabla 5.14 Tabla resumen de reelección de datos sin resistencias descartadas

SECTOR A	$ R_{pp} $	$ R_{pt} $	SECTOR B	$ R_{pp} $	$ R_{pt} $	SECTOR C	$ R_{pp} $	$ R_{pt} $	SECTOR D	$ R_{pp} $	$ R_{pt} $
	41,6	39,7		123,8	119,5		12,0	17,8		10,2	9,2
43,5	42,1	53,6	56,0	109,7	114,1	16,1	17,0				
28,5	26,0	46,1	48,4	158,7	156,3	5,1	6,6				
186,1	178,0	110,6	111,1	190,7	194,6	16,5	17,5				
121,6	114,9	213,4	211,7	104,3	112,5	10,4	11,2				
92,1	88,8	59,6	61,4	11,3	12,2	81,4	64,7				
89,8	89,2			11,4	13,1						
89,7	84,4			22,3	29,0						
8,3	10,8			12,7	19,3						
				16,2	18,2						
				32,6	29,1						
				46,3	44,7						
				52,4	49,4						

"Reelección de datos sin resistencias descartadas". Fuente: elaboración propia.

En consecuencia, el ajuste realizado genera nuevas tendencias con R^2 mayor las que se pueden visualizar en el gráfico 5.10.

Gráfico 5.10 Regresión lineal con datos descartados según criterio indicado



"Regresión lineal de las resistencias medias a compresión estandarizadas de testigos v/s probetas según sector con eliminación de pares que se alejaban de las rectas". Fuente: elaboración propia.

Del gráfico anterior ya se ha obtenido la relación lineal entre las resistencias estandarizadas y, en consecuencia, la relación está dada por la sgte. ecuación:

$$|R_{pt}| = a |R_{pp}| + b \quad \text{Fórmula 5.12}$$

A modo extendido, la relación lineal está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{R_{pt}}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}} = a \frac{R_{pp}}{\sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}}} + b \quad \text{Fórmula 5.13}$$

Como se desea dejar expresado en función de R_{pt} , reacomodando la fórmula, esta queda de la siguiente forma:

$$R_{pt} = a R_{pp} + b \sqrt{\frac{SR_{pp}^2}{N_p} + \frac{SR_{pt}^2}{N_t}} \quad \text{Fórmula 5.14}$$

A partir de la ecuación que precede al párrafo, se pueden calcular las resistencias medias de los testigos en función de cada resistencia media de las probetas; la tabla 5.14, contiene los cálculos realizados según cada zona y sus respectivas constantes a y b .

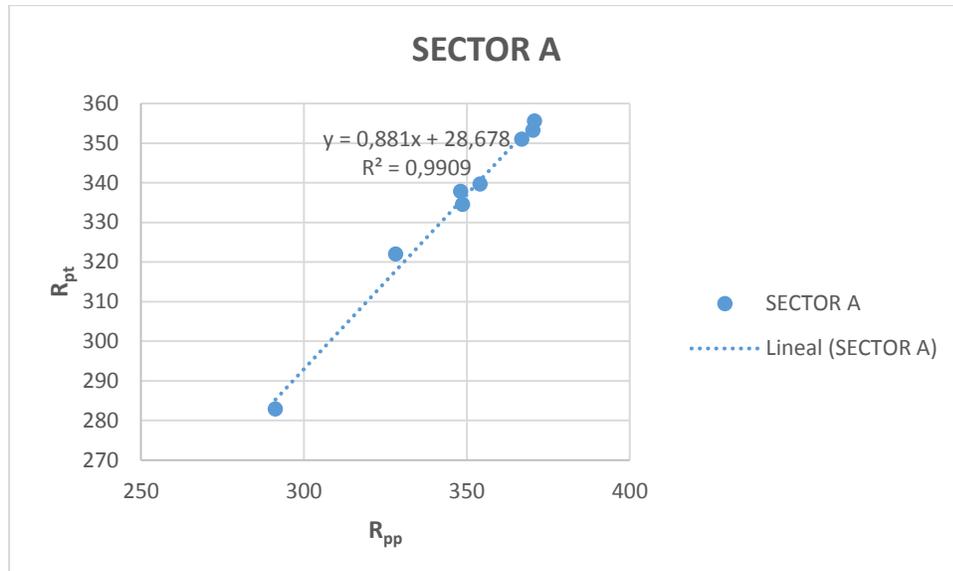
Tabla 5.15 Eliminación de datos a fin de obtener R² cercano a 1

	R _{pp}	R _{pt}	a	b	SR _{pp}	SR _{pt}	Error est.	N _p	N _t	R _{pp}	R _{pt}
SECTOR A	41,6	39,7	0,9493	0,9172	10,186	6,557	6,994	3	3	291	283
	43,5	42,1	0,9493	0,9172	5,779	12,615	8,011	3	3	348	338
	28,5	26,0	0,9493	0,9172	17,783	9,012	11,510	3	3	328	322
	186,1	178,0	0,9493	0,9172	0,898	3,327	1,990	3	3	370	353
	121,6	114,9	0,9493	0,9172	2,564	4,554	3,017	3	3	367	351
	92,1	88,8	0,9493	0,9172	6,912	0,927	4,026	3	3	371	356
	89,8	89,2	0,9493	0,9172	3,127	5,955	3,883	3	3	349	335
	89,7	84,4	0,9493	0,9172	5,489	4,074	3,946	3	3	354	340
	8,3	10,8	0,9493	0,9172	16,129	74,742	44,146	3	3	365	387
SECTOR B	123,8	119,5	0,9707	3,128	4,412	2,344	2,885	3	3	357	356
	53,6	56,0	0,9707	3,128	6,047	8,660	6,098	3	3	327	336
	46,1	48,4	0,9707	3,128	11,726	5,766	7,544	3	3	348	361
	110,6	111,1	0,9707	3,128	4,945	2,235	3,133	3	3	347	346
	213,4	211,7	0,9707	3,128	2,388	1,627	1,668	3	3	356	351
	59,6	61,4	0,9707	3,128	5,452	8,862	6,007	3	3	358	366
SECTOR C	12,0	17,8	0,9984	2,3608	26,222	20,964	19,383	3	3	233	278
	109,7	114,1	0,9984	2,3608	3,385	4,057	3,050	3	3	335	341
	158,7	156,3	0,9984	2,3608	3,653	1,015	2,189	3	3	347	352
	190,7	194,6	0,9984	2,3608	3,178	0,521	1,860	3	3	355	359
	104,3	112,5	0,9984	2,3608	4,409	3,668	3,311	3	3	345	353
	11,3	12,2	0,9984	2,3608	26,091	56,650	36,009	3	3	408	492
	11,4	13,1	0,9984	2,3608	27,041	57,343	36,604	3	3	418	504
	22,3	29,0	0,9984	2,3608	17,602	23,643	17,018	3	3	380	419
	12,7	19,3	0,9984	2,3608	9,711	56,039	32,836	3	3	418	494
	16,2	18,2	0,9984	2,3608	27,674	50,040	33,014	3	3	536	613
	32,6	29,1	0,9984	2,3608	1,769	27,078	15,667	3	3	511	547
	46,3	44,7	0,9984	2,3608	12,403	6,438	8,068	3	3	374	392
	52,4	49,4	0,9984	2,3608	9,356	6,498	6,577	3	3	345	360
SECTOR D	10,2	9,2	0,7563	3,4329	3,444	60,631	35,062	3	3	356	390
	16,1	17,0	0,7563	3,4329	36,332	28,243	26,569	3	3	429	416
	5,1	6,6	0,7563	3,4329	29,569	124,847	74,074	3	3	380	541
	16,5	17,5	0,7563	3,4329	28,439	37,872	27,344	3	3	452	435
	10,4	11,2	0,7563	3,4329	60,225	24,651	37,571	3	3	391	425
	81,4	64,7	0,7563	3,4329	8,240	1,878	4,879	3	3	397	317

"Cálculo de R_{pt} según respectiva función lineal distribuidas por sector". Fuente: elaboración propia.

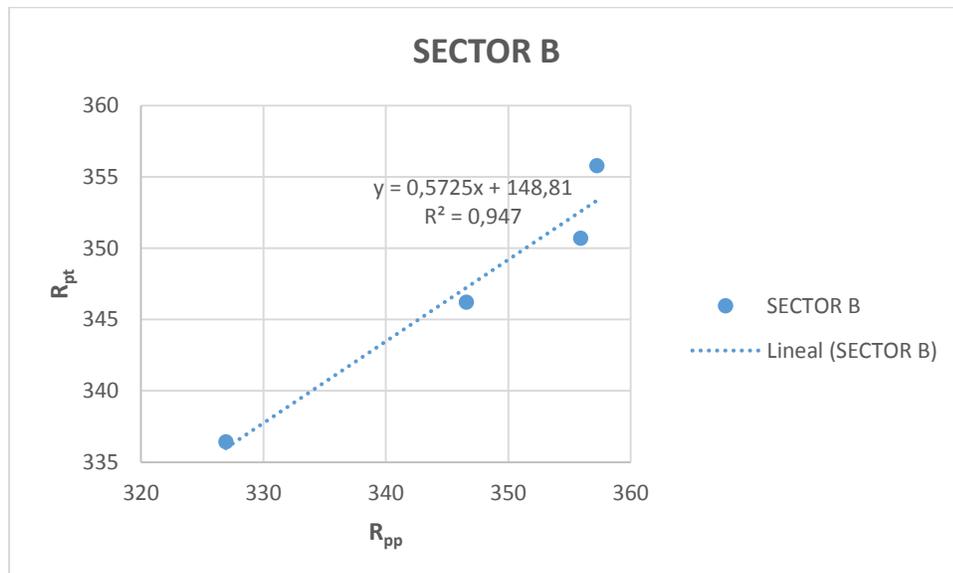
Con la intención de obtener R² cercanos a 1, se ha optado por deseleccionar los pares de resistencias cuya celda está oscurecida, con el objeto de disminuir la dispersión de datos y obtener recta representativa de los valores. A partir de esto, cada una de las relaciones lineales de la tabla 5.15, están representadas en los siguientes gráficos:

Gráfico 5.11 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector A



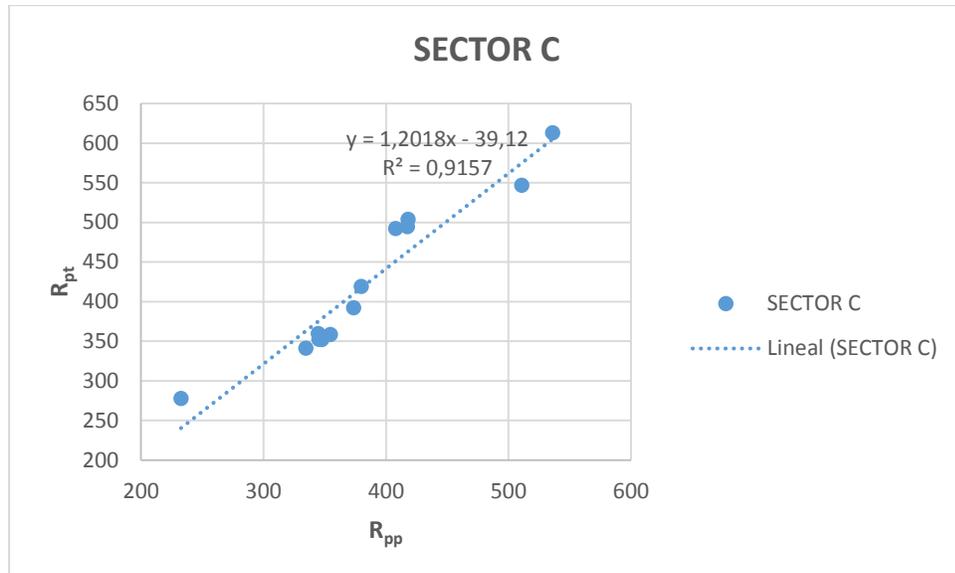
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5.12 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector B



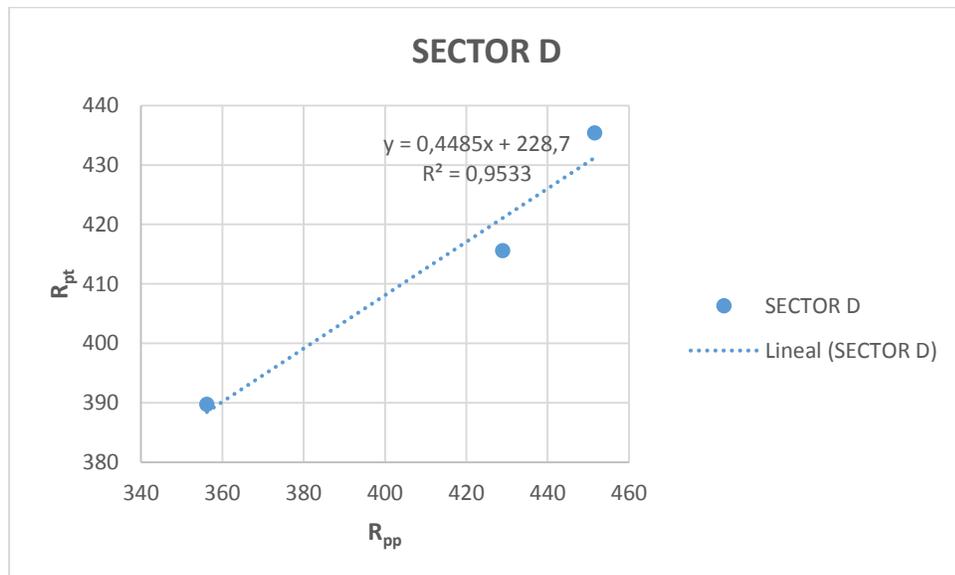
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5.13 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector C



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5.14 Relación lineal para R_{pt} en función de R_{pp} para el sector D



Fuente: elaboración propia.

De los gráficos adjuntados se hicieron varias pruebas de distintas formas con el fin de establecer una relación general entre las distintas propuestas planteadas por las regresiones lineales realizadas en sus respectivos casos. No obstante, en

el presente trabajo se ha discriminado entre las distintas posibilidades e intentos, lo que, se ha inclinado por la opción de considerar la relación lineal dada por el sector A, por el hecho de tener un R^2 mayor a las demás, y por simpatizar con otros criterios que se señalarán más adelante.

Ahora, ya se tiene una relación entre las resistencias promedio de las probetas curadas en laboratorio y los testigos de hormigón extraídos en sitio, la cual, está dada por la siguiente ecuación:

$R_{pt} = 0,881 R_{pp} + 28,678$	Fórmula 5.15
----------------------------------	---------------------

De lo anterior, se ha elaborado una tabla resumen (ver tabla 5.16) para las distintas resistencias promedio de las probetas curadas en laboratorio, es decir, resistencias potenciales v/s resistencias reales.

Tabla 5.16 Cálculo de R_{pt} a partir de R_{pp} [kgf/cm²]														
R_{pp}	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
R_{pt}	29	73	117	161	205	249	293	337	381	425	469	513	557	601
Valores para R_{pt} según R_{pp} a partir de relación dada escogida del sector A. Fuente: elaboración propia.														

Como era de esperar, a partir de los 250 [kgf/cm²] las resistencias de los testigos de hormigón son inferiores a las resistencias de las probetas curadas y ensayadas en laboratorio, es decir, la resistencia potencial es mayor a la real por las condiciones de curado principalmente, entre otros deflectores.

Los valores para R_{pp} ente 0 y 200 solo se han considerado para conocer la relación directa que hay entre hormigones cuya resistencia a la compresión sea inferior a 25 [MPa], no obstante, de lo anterior, se limita la utilización de la ecuación para hormigones cuya resistencia especificada sea inferior a 25 [MPa]; resistencia expresada en cilindros normalizados de esbeltez 2.

6) CAPÍTULO VI: Conclusiones y Propuestas

6.1) CONCLUSIONES

Después del análisis de datos, se ha establecido una correlación funcional entre los distintos criterios utilizados en países donde el hormigón proyectado se ha desarrollado en mayores niveles respecto a Chile. Esto es determinante al momento de analizar la condición actual de la normativa chilena en lo que a evaluación de testigos de hormigón refiere.

Se torna difícil identificar cada una de todas las variables que influyen en la calidad del hormigón proyectado, y en la evaluación de los testigos de hormigón, no obstante, la evaluación misma de los resultados de resistencia a la compresión de los testigos de hormigón utilizados indican que las exigencias establecidas en Chile están por muy debajo de las exigencias empleadas en Austria y Noruega, que son países que por la geometría de su superficie han aplicado shotcrete con mayor frecuencia.

Lo anterior promueve con mayor fuerza la actualización de las normas existentes de testigos de hormigón para los casos de hormigón proyectado.

Sin perjuicio de lo anterior, las propuestas establecidas en este estudio están con base únicamente en los datos disponibles, lo que, no impide que sean extendidos a proyectos que no cuenten con criterios especialmente referidos a la evaluación de los testigos de hormigón.

6.2) PROPUESTAS

Como se consignó en el capítulo V, los criterios están segmentados según disponibilidad de muestras y testigos. Dicha segmentación y campos de aplicación están resumidos a continuación.

Para efectos de este capítulo, la nomenclatura es la siguiente:

f_{cil}	=	Resistencia sobre probetas cilíndricas; kgf/cm ² .
R_p	=	Resistencia promedio de testigos; kgf/cm ² .
R_i	=	Resistencia inferior de testigos, kgf/cm ² .
σ	=	Desviación estándar de la muestra (15 o más).
t	=	Factor modificador de σ ;
R_{pp}		Resistencia promedio de probetas; kgf/cm ² .
R_{pt}	=	Resistencia promedio de testigos; kgf/cm ² .

6.2.1) Evaluación de testigos hasta 14 muestras

$$R_p \geq 0,9869(f_{cil}) + 26,6$$

$$R_i \geq 0,9375(f_{cil}) - 31,25$$

6.2.2) Evaluación de testigos para 15 o más muestras

$$R_p \geq f_{cil} + t \cdot \sigma$$

$$R_i \geq 0,9375(f_{cil}) - 31,25$$

El factor t se obtiene a partir del número de muestras (nM), para todo $15 \leq nM < 30$, siendo $t=1$ cuando son 30 o más muestras, con la siguiente ecuación:

$$t = -0,023 \ln(nM) + 1,3787$$

6.2.3) Evaluación del desarrollo de la resistencia del hormigón mediante relación funcional entre resistencias de probetas curadas en laboratorio y testigos extraídos del sustrato proyectado

Con el objeto de evaluar el desarrollo de las resistencias, y como se analizó en el capítulo V, la relación funcional entre la resistencia promedio de las probetas curadas en laboratorio y los testigos extraídos en sitio es la siguiente:

$$R_{pt} = 0,881 R_{pp} + 28,678$$

La aplicación de esta ecuación es recomendable para comprobar si la dosificación es adecuada y cumple con las exigencias de resistencia especificada.

Finalmente, a modo de recomendación, se propone analizar la resistencia potencial y real mediante la presente ecuación o criterio. Si cumple con el parámetro propuesto, se puede disminuir la frecuencia de extracción de testigos; si no cumple, se debe optar por modificar la dosificación.

Para dichos efectos, se propone utilizar el procedimiento indicado por la ACI, el cual, está adjuntado en el anexo E.

7) CAPÍTULO VII: Bibliografía

8) Bibliografía

- American Concrete Institute. (1995). *ACI 506.2-95. Specification for shotcrete*. EEUU.
- Centro tecnológico del hormigón, CTH. (2005). *Manual de especificaciones para hormigón y mortero proyectado*. Santiago de Chile.
- Controls Group. (s.f.). Ensayos en hormigón. *Equipos de ensayo para la industria de la construcción*, 258.
- Cordero León, E. (Enero 2007). *Hormigón proyectado con fibras metálicas, Tesis Constructor Civil*. Santiago de Chile.
- González Lizama, E. M. (2013). *Relación estadística entre las resistencias a compresión del hormigón proyectado aplicado en paneles de prueba y las del aplicado en sitio, Tesis Magíster en Construcción*. Santiago, Chile.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2015). *Shotcrete: Guía Chilena del Hormigón Proyectado, segunda edición*. Santiago: ICH.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (1 de Mayo de 2015). Concreto Lanzado: Prospectiva. *Construcción y Tecnología en Concreto*, 24-27. Obtenido de <http://www.revistacyt.com.mx/>
- Melbye, T. (Enero 2002). *Shotcrete para soporte de rocas*. Suiza.
- National Ready Mixed Concrete Association. (s.f.). Fibras sintéticas para el concreto. *NRMCA*.
- Pacheco, L. (Septiembre 2012). *Análisis comparativo de los códigos internacionales para hormigón proyectado, Tesis Ing. Civil*. Santiago de Chile.
- Pérez Bahamonde, M. H. (2008). *Caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsílíce y nanosílíce, Tesis Ing. Civil en Obras Civiles*. Valdivia, Chile.
- Petter Lutnaes, J. (Mayo 2001). *Hormigón proyectado vía húmeda con microsílíce y reforzado con fibras de acero, Tesis Constructor Civil*. Santiago de Chile.

- Reyes, A. (1 de Mayo de 2015). *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*.
Obtenido de <http://www.imcyc.com/>
- Sepúlveda Fariña, M. A. (2002). *Fortificación subterránea con shotcrete y relleno cementado en extracción aurífera proyecto El Peñón, Tesis Ing. Civil*. Santiago de Chile.
- SIKA. (s.f.). Sistemas Sika para Concreto Proyectado. *Sika*.
- The American Shotcrete Association. (2 de Mayo de 2015). Obtenido de Asociación Americana de Hormigón Proyectado: <https://www.shotcrete.org/>
- Torres, C. R. (2013). *Incidencia del operador mixer en la resistencia del hormigón, Tesis Constructor Civil*. Santiago, Chile.
- Winkler, A. C. (2005). Especificaciones técnicas por comportamiento para shotcrete de sostenimiento de túneles en fluvial, Tesis Ing. Civil. Santiago de Chile.
- Yoggy, G. D. (2005). The History of Shotcrete. En *Shotcrete Classics* (págs. 26-32).

Anexos

ANEXO A

Datos para evaluación

A continuación, se adjuntan las tablas de datos que, generosamente fueron otorgadas por la profesora guía y que son un resumen de los resultados de resistencia a compresión de testigos de hormigón proyectado utilizados en fortificación en faena minera.

Los datos no tienen ninguna modificación realizada para efectos de este estudio o para el reacomodo de los datos y resultados, sino más bien, se les hizo las correcciones por esbeltez correspondientes.

La información está ordenada según número de muestra, el cual, esta previamente señalado en el libro excel en el cual estaban señalados.

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del testigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kg/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
1	729125.00	T1	20-02-2012	26-01-2012	25	SH300901020	P. T. P.4600, Talud A. L. Izq. Vent. a 1,7 metros del portal	P.4600	124	104	1,192	509	0,916	466,3
		T2	20-02-2012	26-01-2012	25	SH300901020	P. T. P.4600, Talud A. L. Izq. Vent. a 1,7 metros del portal	P.4600	122	104	1,173	470	0,912	428,4
		T3	20-02-2012	26-01-2012	25	SH300901020	P. T. P.4600, Talud A. L. Izq. Vent. a 1,7 metros del portal	P.4600	126	104	1,212	564	0,921	519,3
2	729.126	T1	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal T. Unid P.4600, Talud C. a 12 metros del comienzo del Talud	P.4600	79	54	1,463	441	0,956	421,4
		T2	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal T. Unid P.4600, Talud C. a 1,3 metros del Testigo 1	P.4600	64	54	1,185	500	0,914	457,2
		T3	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal T. Unid P.4600, Talud C. a 2,0 metros del Testigo 2 y a 2,0 metros de altura	P.4600	70	54	1,296	510	0,936	477,1
3	751.555	T1	30-05-2012	24-05-2012	6	SH300901020	PK 50	P.4600	217	103	2,107	463	1,000	463,0
		T2	30-05-2012	24-05-2012	6	SH300901020	PK 50	P.4600	266	103	2,583	406	1,000	406,0
		T3	30-05-2012	24-05-2012	6	SH300901020	PK 50	P.4600	328	103	3,184	448	1,000	448,0
4	751.556	T1	11-05-2012	15-04-2012	26	SH300901020	PK 10, Boveda	P.4600	210	104	2,019	438	1,000	438,0
		T2	11-05-2012	15-04-2012	26	SH300901020	PK 10, Boveda	P.4600	336	104	3,231	405	1,000	405,0
		T3	11-05-2012	15-04-2012	26	SH300901020	PK 10, Boveda	P.4600	215	104	2,067	410	1,000	410,0
5	762.456	T1	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P.4600	289	104	2,779	618	1,000	618,0
		T2	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P.4600	151	104	1,452	386	0,954	368,3
		T3	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P.4600	333	104	3,202	490	1,000	490,0
6	762.779	T1	23-07-2012	10-06-2012	43	SH300901020	PK 130, Caja Derecha	P.4600	408	104	3,923	401	1,000	401,0
		T2	23-07-2012	10-06-2012	43	SH300901020	PK 130 Caja Der. a 0,5 de T1	P.4600	323	104	3,106	409	1,000	409,0
		T3	23-07-2012	10-06-2012	43	SH300901020	PK 130 Caja Der. a 1,0 de T1	P.4600	310	104	2,981	378	1,000	378,0
7	763.039	T1	31-07-2012	29-07-2012	2	SH300901020	PK 175, Caja Derecha	P.4600	230	104	2,212	461	1,000	461,0
		T3	31-07-2012	29-07-2012	2	SH300901020	PK 175, Caja Derecha	P.4600	243	104	2,337	439	1,000	439,0
		T4	31-07-2012	29-07-2012	2	SH300901020	PK 175, Caja Derecha	P.4600	244	104	2,346	429	1,000	429,0
8	763.040	T1	31-07-2012	28-07-2012	3	SH300901020	PK 170, Caja Derecha	P.4600	184	104	1,769	322	0,982	316,1
		T3	31-07-2012	28-07-2012	3	SH300901020	PK 170, Caja Derecha	P.4600	217	104	2,087	339	1,000	339,0
		T4	31-07-2012	28-07-2012	3	SH300901020	PK 170, Caja Derecha	P.4600	224	104	2,154	339	1,000	339,0
9	763.330	T1	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rec. del PK 112 C. Izq.	P.4600	362	104	3,481	522	1,000	522,0
		T2	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rec. del PK 112 C. Izq.	P.4600	206	104	1,981	450	0,998	449,3
		T3	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rec. del PK 112 C. Izq.	P.4600	250	104	2,404	444	1,000	444,0
10	763.331	T1	09-08-2012	18-07-2012	22	SH300901020	PK 148, Caja Izquierda	P.4600	207	104	1,990	417	0,999	416,7
		T2	09-08-2012	18-07-2012	22	SH300901020	PK 148, Caja Izquierda	P.4600	159	104	1,529	371	0,962	357,0
		T3	09-08-2012	18-07-2012	22	SH300901020	PK 147,5 Caja Izquierda	P.4600	235	104	2,260	335	1,000	335,0
11	773.941	T1	04-09-2012	03-08-2012	32	SH300901020	PK 203 Boveda Izquierda	P.4600	140	54	2,593	468	1,000	468,0
		T2	04-09-2012	03-08-2012	32	SH300901020	PK 203 Boveda Izquierda	P.4600	119	54	2,204	490	1,000	490,0
		T3	04-09-2012	03-08-2012	32	SH300901020	PK 203 Boveda Izquierda	P.4600	146	54	2,704	499	1,000	499,0
12	774.428	T1	26-09-2012	25-08-2012	32	SH300901020	PK 268, Caja Derecha	P.4600	114	74	1,541	366	0,963	352,5
		T2	26-09-2012	25-08-2012	32	SH300901020	PK 268, Caja Derecha	P.4600	159	74	2,149	399	1,000	399,0
		T3	26-09-2012	25-08-2012	32	SH300901020	PK 268, Caja Derecha	P.4600	134	74	1,811	513	0,985	505,2
13	794.982	T1	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P.4600	138	74	1,865	515	0,989	509,4
		T2	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P.4600	160	74	2,162	437	1,000	437,0
		T3	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P.4600	145	74	1,959	494	0,997	492,4
14	794.990	T1	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P.4600	187	96	1,948	427	0,996	425,2
		T2	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P.4600	256	96	2,667	445	1,000	445,0
		T3	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P.4600	333	96	3,469	396	1,000	396,0
15	309	T1	16-12-2012	18-10-2012	63	SH300901020	PK 388,0 (caja izquierda N°5)	P.4600	140	100	1,400	470	0,948	445,6
		T2	16-12-2012	18-10-2012	63	SH300901020	PK 388,0 (caja izquierda N°5)	P.4600	141	100	1,410	478	0,949	453,7
		T3	16-12-2012	18-10-2012	63	SH300901020	PK 388,0 (caja izquierda N°5)	P.4600	138	100	1,380	476	0,946	450,1
16	310	T1	27-12-2012	08-11-2012	75	SH300901020	PK 442,0 (caja derecha N°17)	P.4600	73	54	1,352	449	0,942	423,1
		T2	27-12-2012	08-11-2012	75	SH300901020	PK 442,0 (caja derecha N°17)	P.4600	122	97	1,258	482	0,931	448,7
		T3	27-12-2012	08-11-2012	75	SH300901020	PK 442,0 (caja derecha N°17)	P.4600	103	97	1,062	457	0,885	404,4

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
17	311	T1	27-12-2012	28-11-2012	55	SH300901020	PK 490,0 (caja derecha N°17)	P4600	65	54	1,204	413	0,919	379,5
		T2	27-12-2012	28-11-2012	55	SH300901020	PK 490,0 (caja derecha N°17)	P4600	77	54	1,426	450	0,951	428,0
		T3	27-12-2012	28-11-2012	55	SH300901020	PK 490,0 (caja derecha N°17)	P4600	82	54	1,519	462	0,961	444,2
18	312	T1	09-01-2013	21-12-2012	32	SH300901020	PK 550,0 (caja derecha N°17)	P4600	60	54	1,111	396	0,897	355,1
		T2	09-01-2013	21-12-2012	32	SH300901020	PK 550,0 (caja derecha N°17)	P4600	62	54	1,148	392	0,906	355,0
		T3	09-01-2013	21-12-2012	32	SH300901020	PK 550,0 (caja derecha N°17)	P4600	68	54	1,259	410	0,931	381,8
19	404	T1	31-01-2013	31-12-2012	32	SH300901020	PK 585,0 ubicación pto N°15	P4600	88	54	1,630	410	0,970	397,9
		T2	31-01-2013	31-12-2012	32	SH300901020	PK 585,0 ubicación pto N°15	P4600	94	54	1,741	384	0,979	376,0
		T3	31-01-2013	31-12-2012	32	SH300901020	PK 585,0 ubicación pto N°15	P4600	74	54	1,370	379	0,944	357,9
20	405	T1	31-01-2013	14-01-2013	28	SH300901020	PK 630,0 ubicación pto N°16	P4600	105	54	1,944	446	0,996	444,0
		T2	31-01-2013	14-01-2013	28	SH300901020	PK 630,0 ubicación pto N°16	P4600	93	54	1,722	374	0,978	365,7
		T3	31-01-2013	14-01-2013	28	SH300901020	PK 630,0 ubicación pto N°16	P4600	80	54	1,481	414	0,958	396,5
21	406	T1	08-02-2013	11-11-2012	90	SH300901020	PK 451,0 ubicación pto N°3	P4600	91	54	1,685	321	0,975	312,9
		T2	08-02-2013	11-11-2012	90	SH300901020	PK 451,0 ubicación pto N°3	P4600	79	54	1,463	318	0,956	303,9
		T3	08-02-2013	11-11-2012	90	SH300901020	PK 451,0 ubicación pto N°3	P4600	92	54	1,704	309	0,976	301,7
22	407	T1	08-02-2013	25-11-2012	76	SH300901020	PK 8,0 ubi pto N°2, esto N°4	P4600	68	54	1,259	323	0,931	300,7
		T2	08-02-2013	25-11-2012	76	SH300901020	PK 8,0 ubi pto N°2, esto N°4	P4600	85	54	1,574	300	0,966	289,8
		T3	08-02-2013	25-11-2012	76	SH300901020	PK 8,0 ubi pto N°2, esto N°4	P4600	65	54	1,204	341	0,919	313,3
23	408	T1	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465,0 ubicación pto N°18	P4600	101	54	1,870	320	0,990	316,7
		T2	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465,0 ubicación pto N°18	P4600	105	54	1,944	315	0,996	313,6
		T3	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465,0 ubicación pto N°18	P4600	108	54	2,000	317	1,000	317,0
24	409	T1	08-02-2013	22-11-2012	79	SH300901020	PK 481,0 ubicación pto N°18	P4600	102	54	1,889	302	0,991	299,3
		T2	08-02-2013	22-11-2012	79	SH300901020	PK 481,0 ubicación pto N°18	P4600	97	54	1,796	301	0,984	296,1
		T3	08-02-2013	22-11-2012	79	SH300901020	PK 481,0 ubicación pto N°18	P4600	88	54	1,630	311	0,970	301,8
25	410	T1	10-02-2013	12-11-2013	92	SH300901020	PK 452,0 ubicación pto N°13	P4600	93	54	1,722	375	0,978	366,7
		T2	10-02-2013	12-11-2013	92	SH300901020	PK 452,0 ubicación pto N°13	P4600	90	54	1,667	325	0,973	316,3
		T3	10-02-2013	12-11-2013	92	SH300901020	PK 452,0 ubicación pto N°13	P4600	89	54	1,648	343	0,972	333,3
26	411	T1	10-02-2013	12-11-2013	91	SH300901020	PK 467,0 ubicación pto N°13	P4600	57	54	1,056	308	0,883	272,1
		T2	10-02-2013	12-11-2013	91	SH300901020	PK 467,0 ubicación pto N°13	P4600	58	54	1,074	366	0,888	324,9
		T3	10-02-2013	12-11-2013	91	SH300901020	PK 467,0 ubicación pto N°13	P4600	80	54	1,481	351	0,958	336,2
27	412	T1	10-02-2013	13-11-2012	90	SH300901020	PK 624,5 ubicación pto N°17	P4600	84	54	1,556	339	0,964	326,9
		T2	10-02-2013	13-11-2012	90	SH300901020	PK 624,5 ubicación pto N°17	P4600	86	54	1,593	335	0,967	324,1
		T3	10-02-2013	13-11-2012	90	SH300901020	PK 624,5 ubicación pto N°17	P4600	82	54	1,519	328	0,961	315,4
28	723	T1	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 682,0 ubicación pto N°17	P4600	110	100	1,100	398	0,894	355,8
		T2	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 682,0 ubicación pto N°17	P4600	110	100	1,100	399	0,894	356,7
		T3	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 682,0 ubicación pto N°17	P4600	110	100	1,100	400	0,894	357,6
29	725	T1	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	109	100	1,090	394	0,892	351,3
		T2	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	109	100	1,090	396	0,892	353,1
		T3	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	110	100	1,100	400	0,894	357,6
30	726	T1	15-04-2013	31-03-2013	28	SH300901020	PK 766,0 ubicación pto N°17	P4600	109	100	1,090	394	0,892	351,3
		T2	15-04-2013	31-03-2013	28	SH300901020	PK 766,0 ubicación pto N°17	P4600	110	100	1,100	396	0,894	354,0
		T3	15-04-2013	31-03-2013	28	SH300901020	PK 766,0 ubicación pto N°17	P4600	109	100	1,090	400	0,892	356,6
31	983	T1	05-05-2013	30-04-2013	28	SH300901020	PK 826,0 caja der. punto 16	P4600	109	100	1,090	377	0,892	336,1
		T2	05-05-2013	30-04-2013	28	SH300901020	PK 826,0 caja der. punto 16	P4600	110	100	1,100	374	0,894	334,4
		T3	05-05-2013	30-04-2013	28	SH300901020	PK 826,0 caja der. punto 16	P4600	110	100	1,100	382	0,894	341,5
32	984	T1	15-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 860,0 caja der. punto 15	P4600	110	100	1,100	380	0,894	339,7
		T2	15-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 860,0 caja der. punto 15	P4600	109	100	1,090	381	0,892	339,7
		T3	15-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 860,0 caja der. punto 15	P4600	111	100	1,110	379	0,896	339,7

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del testigo					
			N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez
33	1112	T1	25-06-2013	28-05-2013	28	SH300901020	PK 920,0 caja der. punto 17	P4600	111	100	1,110	386	0,896	346,0
		T2	25-06-2013	28-05-2013	28	SH300901020	PK 920,0 caja der. punto 17	P4600	111	100	1,110	383	0,896	343,3
		T3	25-06-2013	28-05-2013	28	SH300901020	PK 920,0 caja der. punto 17	P4600	110	100	1,100	383	0,894	342,4
34	1113	T1	06-07-2013	08-06-2013	28	SH300901020	PK 960,0 caja der. punto 16	P4600	112	100	1,120	399	0,899	358,6
		T2	06-07-2013	08-06-2013	28	SH300901020	PK 960,0 caja der. punto 16	P4600	111	100	1,110	399	0,896	357,7
		T3	06-07-2013	08-06-2013	28	SH300901020	PK 960,0 caja der. punto 16	P4600	111	100	1,110	399	0,896	357,7
35	1396	T1	22-07-2013	24-06-2013	28	SH300901020	PK 1018,0 caja derecha 16	P4600	111	100	1,110	386	0,896	346,0
		T2	22-07-2013	24-06-2013	28	SH300901020	PK 1018,0 caja derecha 16	P4600	112	100	1,120	386	0,899	346,9
		T3	22-07-2013	24-06-2013	28	SH300901020	PK 1018,0 caja derecha 16	P4600	112	100	1,120	388	0,899	348,7
36	1397	T1	04-08-2013	07-07-2013	28	SH300901020	PK 1070,0 caja derecha 16	P4600	110	100	1,100	398	0,894	355,8
		T2	04-08-2013	07-07-2013	28	SH300901020	PK 1070,0 caja derecha 16	P4600	112	100	1,120	396	0,899	355,9
		T3	04-08-2013	07-07-2013	28	SH300901020	PK 1070,0 caja derecha 16	P4600	111	100	1,110	394	0,896	353,2
37	1446	T1	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 17	P4600	111	100	1,110	281	0,896	251,9
		T2	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 17	P4600	112	100	1,120	400	0,899	359,5
		T3	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 17	P4600	111	100	1,110	395	0,896	354,1
38	1447	T1	23-08-2013	26-07-2013	28	SH300901020	PK 1160,0 caja derecha 17	P4600	91	74	1,230	385	0,925	356,2
		T2	23-08-2013	26-07-2013	28	SH300901020	PK 1160,0 caja derecha 17	P4600	93	74	1,257	381	0,931	354,6
		T3	23-08-2013	26-07-2013	28	SH300901020	PK 1160,0 caja derecha 17	P4600	92	74	1,243	394	0,928	365,8
39	1610	T1	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1220,0 caja derecha 13	P4600	90	74	1,216	387	0,922	356,8
		T2	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1220,0 caja derecha 13	P4600	92	74	1,243	393	0,928	364,9
		T3	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1220,0 caja derecha 13	P4600	92	74	1,243	398	0,928	369,5
40	1611	T1	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1280,0 caja derecha 15	P4600	91	74	1,230	389	0,925	359,9
		T2	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1280,0 caja derecha 15	P4600	91	74	1,230	398	0,925	368,2
		T3	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1280,0 caja derecha 15	P4600	92	74	1,243	401	0,928	372,3
41	1612	T1	03-10-2013	05-09-2013	28	SH300901020	PK 1358,0 caja derecha 15	P4600	90	74	1,216	393	0,922	362,3
		T2	03-10-2013	05-09-2013	28	SH300901020	PK 1358,0 caja derecha 15	P4600	91	74	1,230	399	0,925	369,1
		T3	03-10-2013	05-09-2013	28	SH300901020	PK 1358,0 caja derecha 15	P4600	92	74	1,243	403	0,928	374,1
42	1807	T1	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1421,0 caja izquierda 6	P4600	91	74	1,230	399	0,925	369,1
		T2	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1421,0 caja izquierda 6	P4600	92	74	1,243	409	0,928	379,7
		T3	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1421,0 caja izquierda 6	P4600	90	74	1,216	400	0,922	368,8
43	1808	T1	29-10-2013	01-10-2013	28	SH300901020	PK 1479,0 caja izquierda 5	P4600	88	67	1,313	399	0,938	374,1
		T2	29-10-2013	01-10-2013	28	SH300901020	PK 1479,0 caja izquierda 5	P4600	88	67	1,313	409	0,938	383,5
		T3	29-10-2013	01-10-2013	28	SH300901020	PK 1479,0 caja izquierda 5	P4600	88	67	1,313	400	0,938	375,0
44	1919	T1	06-11-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1515,0 caja derecha 15	P4600	89	67	1,328	394	0,939	370,1
		T2	06-11-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1515,0 caja derecha 15	P4600	87	67	1,299	391	0,936	365,9
		T3	06-11-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1515,0 caja derecha 15	P4600	88	67	1,313	400	0,938	375,0
45	1920	T1	19-11-2013	22-10-2013	28	SH300901020	PK 1575,0 caja derecha 13	P4600	88	67	1,313	391	0,938	366,6
		T2	19-11-2013	22-10-2013	28	SH300901020	PK 1575,0 caja derecha 13	P4600	88	67	1,313	387	0,938	362,9
		T3	19-11-2013	22-10-2013	28	SH300901020	PK 1575,0 caja derecha 13	P4600	88	67	1,313	381	0,938	357,2
46	1921	T1	30-11-2013	02-11-2013	28	SH300901020	PK 1635,0 caja derecha 14	P4600	91	67	1,358	307	0,943	289,5
		T2	30-11-2013	02-11-2013	28	SH300901020	PK 1635,0 caja derecha 14	P4600	91	67	1,358	301	0,943	283,8
		T3	30-11-2013	02-11-2013	28	SH300901020	PK 1635,0 caja derecha 14	P4600	91	67	1,358	310	0,943	292,3
47	1922	T1	07-12-2013	09-11-2013	28	SH300901020	PK 1680,0 caja izquierda 7	P4600	90	67	1,343	389	0,941	366,1
		T2	07-12-2013	09-11-2013	28	SH300901020	PK 1680,0 caja izquierda 7	P4600	89	67	1,328	379	0,939	356,0
		T3	07-12-2013	09-11-2013	28	SH300901020	PK 1680,0 caja izquierda 7	P4600	89	67	1,328	387	0,939	363,5
48	1923	T1	27-11-2013	19-06-2013	161	SH300901020	PK 995,0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	388	0,941	365,2
		T2	27-11-2013	19-06-2013	161	SH300901020	PK 995,0 caja derecha 15	P4600	81	67	1,209	395	0,920	363,5
		T3	27-11-2013	19-06-2013	161	SH300901020	PK 995,0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	392	0,941	368,9

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
			N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez
49	1924	T1	26-11-2013	01-10-2013	56	SH300901020	PK 1479.0 c. izq. 4, rechequeo	P4600	89	67	1,328	345	0,939	324,1
		T2	26-11-2013	01-10-2013	56	SH300901020	PK 1479.0 c. izq. 4, rechequeo	P4600	91	67	1,358	349	0,943	329,1
		T3	26-11-2013	01-10-2013	56	SH300901020	PK 1479.0 c. izq. 4, rechequeo	P4600	92	67	1,373	354	0,945	334,5
50	2072	T1	18-12-2013	20-11-2013	28	SH300901020	PK 1740.0 caja derecha 15	P4600	91	67	1,358	342	0,943	322,5
		T2	18-12-2013	20-11-2013	28	SH300901020	PK 1740.0 caja derecha 15	P4600	87	67	1,299	348	0,936	325,7
		T3	18-12-2013	20-11-2013	28	SH300901020	PK 1740.0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	352	0,941	331,3
51	2073	T1	28-12-2013	30-11-2013	28	SH300901020	PK 1800.0 caja derecha 15	P4600	91	67	1,358	376	0,943	354,6
		T2	28-12-2013	30-11-2013	28	SH300901020	PK 1800.0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	380	0,941	357,7
		T3	28-12-2013	30-11-2013	28	SH300901020	PK 1800.0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	370	0,941	348,2
52	2200	T1	09-01-2014	12-12-2013	28	SH300901020	PK 1866.0 caja derecha 15	P4600	88	67	1,313	389	0,938	364,7
		T2	09-01-2014	12-12-2013	28	SH300901020	PK 1866.0 caja derecha 15	P4600	89	67	1,328	382	0,939	358,9
		T3	09-01-2014	12-12-2013	28	SH300901020	PK 1866.0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	393	0,941	369,9
53	2201	T1	17-01-2014	20-12-2013	28	SH300901020	PK 1902.0 caja derecha 15	P4600	92	67	1,373	391	0,945	369,4
		T2	17-01-2014	20-12-2013	28	SH300901020	PK 1902.0 caja derecha 15	P4600	90	67	1,343	394	0,941	370,8
		T3	17-01-2014	20-12-2013	28	SH300901020	PK 1902.0 caja derecha 15	P4600	92	67	1,373	396	0,945	374,1
54	2202	T1	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 1961.0 caja derecha 16	P4600	90	67	1,343	398	0,941	374,6
		T2	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 1961.0 caja derecha 16	P4600	91	67	1,358	395	0,943	372,5
		T3	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 1961.0 caja derecha 16	P4600	91	67	1,358	401	0,943	378,1
55	2303	T1	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2000.0 caja izquierda 6	P4600	113	67	1,687	414	0,975	403,6
		T2	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2000.0 caja izquierda 6	P4600	112	67	1,672	417	0,974	406,0
		T3	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2000.0 caja izquierda 6	P4600	110	67	1,642	407	0,971	395,3
56	2304	T1	08-03-2014	08-02-2014	28	SH300901020	PK 2060.0 caja izquierda 7	P4600	111	100	1,110	401	0,896	359,5
		T2	08-03-2014	08-02-2014	28	SH300901020	PK 2060.0 caja izquierda 7	P4600	112	100	1,120	401	0,899	360,4
		T3	08-03-2014	08-02-2014	28	SH300901020	PK 2060.0 caja izquierda 7	P4600	112	100	1,120	402	0,899	361,3
57	2406	T1	20-03-2014	20-02-2014	28	SH300901020	PK 2120.0 caja derecha 14	P4600	108	100	1,080	395	0,889	351,2
		T2	20-03-2014	20-02-2014	28	SH300901020	PK 2120.0 caja derecha 14	P4600	109	100	1,090	388	0,892	345,9
		T3	20-03-2014	20-02-2014	28	SH300901020	PK 2120.0 caja derecha 14	P4600	111	100	1,110	402	0,896	360,4
58	2407	T1	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P4600	109	100	1,090	377	0,892	336,1
		T2	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P4600	109	100	1,090	383	0,892	341,5
		T3	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P4600	111	100	1,110	401	0,896	359,5
59	2560	T1	27-04-2014	30-03-2014	28	SH300901020	PK 2267.0 caja derecha 16	P4600	107	100	1,070	352	0,887	312,2
		T2	27-04-2014	30-03-2014	28	SH300901020	PK 2267.0 caja derecha 16	P4600	108	100	1,080	364	0,889	323,7
		T3	27-04-2014	30-03-2014	28	SH300901020	PK 2267.0 caja derecha 16	P4600	107	100	1,070	369	0,887	327,2
60	2561	T1	21-04-2014	21-03-2014	31	SH300901020	PK 2220.0 punto 15	P4600	107	100	1,070	360	0,887	319,2
		T2	21-04-2014	21-03-2014	31	SH300901020	PK 2220.0 punto 15	P4600	109	100	1,090	369	0,892	329,0
		T3	21-04-2014	21-03-2014	31	SH300901020	PK 2220.0 punto 15	P4600	108	100	1,080	383	0,889	340,6
61	2672	T1	13-05-2014	15-04-2014	28	SH300901020	PK 2325.0 caja derecha 16	P4600	109	100	1,090	358	0,892	319,2
		T2	13-05-2014	15-04-2014	28	SH300901020	PK 2325.0 caja derecha 16	P4600	111	100	1,110	348	0,896	311,9
		T3	13-05-2014	15-04-2014	28	SH300901020	PK 2325.0 caja derecha 16	P4600	110	100	1,100	351	0,894	313,8
62	2673	T1	24-05-2014	26-04-2014	28	SH300901020	PK 2370.0 caja derecha 16	P4600	107	100	1,070	383	0,887	339,6
		T2	24-05-2014	26-04-2014	28	SH300901020	PK 2370.0 caja derecha 16	P4600	109	100	1,090	408	0,892	363,8
		T3	24-05-2014	26-04-2014	28	SH300901020	PK 2370.0 caja derecha 16	P4600	107	100	1,070	389	0,887	345,0
63	2865	T1	12-06-2014	15-05-2014	28	SH300901020	PK 2430.0 caja derecha 14	P4600	69	67	1,030	412	0,877	361,4
		T2	12-06-2014	15-05-2014	28	SH300901020	PK 2430.0 caja derecha 14	P4600	71	67	1,060	387	0,884	342,2
		T3	12-06-2014	15-05-2014	28	SH300901020	PK 2430.0 caja derecha 14	P4600	68	67	1,015	398	0,874	347,7
64	2866	T1	29-06-2014	01-06-2014	28	SH300901020	PK 2490.0 caja derecha 16	P4600	68	67	1,015	398	0,874	347,7
		T2	29-06-2014	01-06-2014	28	SH300901020	PK 2490.0 caja derecha 16	P4600	70	67	1,045	381	0,881	335,6
		T3	29-06-2014	01-06-2014	28	SH300901020	PK 2490.0 caja derecha 16	P4600	69	67	1,030	391	0,877	343,0

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
65	3035	T1	28-07-2014	30-06-2014	28	SH300901020	PK 2550,0 caja derecha 13	P4600	113	100	1,130	401	0,901	361,4
		T2	28-07-2014	30-06-2014	28	SH300901020	PK 2550,0 caja derecha 13	P4600	103	100	1,030	412	0,877	361,4
		T3	28-07-2014	30-06-2014	28	SH300901020	PK 2550,0 caja derecha 13	P4600	111	100	1,110	402	0,896	360,4
66	729.127	T1	23-02-2012	09-01-2012	45	SH300901020	Coord. E (6512.443), N(-3367.615), A(1540.531)	P500	93	74	1,257	481	0,931	447,7
		T2	23-02-2012	06-01-2012	48	SH300901020	Coord. E (6512.443), N(-3367.615), A(1540.531)	P500	93	74	1,257	358	0,931	333,2
		T3	23-02-2012	09-01-2012	45	SH300901020	Coord. E (6512.443), N(-3367.615), A(1540.531)	P500	93	74	1,257	318	0,931	296,0
67	729.738	T1	21-03-2012	02-03-2012	19	SH300901020	T P500, entre Marcos 1 y 2 1,8m de h y a 2,0m de Marco 1	P500	247	104	2,375	353	1,000	353,0
		T2	21-03-2012	02-03-2012	19	SH300901020	T P500, entre Marcos 1 y 2 1,8m de h y a 2,0m de Marco 1	P500	233	104	2,240	337	1,000	337,0
		T3	21-03-2012	02-03-2012	19	SH300901020	T P500, entre Marcos 1 y 2 1,8m de h y a 2,0m de Marco 1	P500	239	104	2,298	339	1,000	339,0
68	740.909	T1	07-05-2012	13-04-2012	24	SH300901020	Túnel P500, C.D., Pk 145	P500	109	53	2,057	502	1,000	502,0
		T2	07-05-2012	13-04-2012	24	SH300901020	Túnel P500, C.D., Pk 145	P500	94	53	1,774	400	0,982	392,8
		T3	07-05-2012	13-04-2012	24	SH300901020	Túnel P500, C.D., Pk 145	P500	105	53	1,981	422	0,998	421,4
69	751.415	T1	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 245, Caja	P500	97	54	1,796	525	0,984	516,4
		T2	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 244,5 Caja	P500	61	54	1,130	459	0,901	413,6
		T3	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 243 Caja	P500	141	54	2,611	509	1,000	509,0
70	751.576	T1	04-06-2012	13-05-2012	22	SH300901020	PK 295, Caja	P500	58	54	1,074	577	0,888	512,2
		T2	04-06-2012	13-05-2012	22	SH300901020	PK 295, Caja	P500	152	54	2,815	395	1,000	395,0
		T3	04-06-2012	13-05-2012	22	SH300901020	PK 295, Caja	P500	131	54	2,426	477	1,000	477,0
71	762.687	T1	13-07-2012	11-06-2012	32	SH300901020	PK 375, Tercera Capa	P500	95	54	1,759	541	0,981	530,6
		T2	13-07-2012	11-06-2012	32	SH300901020	PK 375, Tercera Capa	P500	163	54	3,019	543	1,000	543,0
		T3	13-07-2012	11-06-2012	32	SH300901020	PK 375, Tercera Capa	P500	132	54	2,444	597	1,000	597,0
72	762.781	T1	20-07-2012	25-06-2012	25	SH300901020	PK 465, Caja Derecha	P500	162	74	2,189	357	1,000	357,0
		T2	20-07-2012	25-06-2012	25	SH300901020	PK 465, Caja Derecha	P500	119	74	1,608	399	0,969	386,5
		T3	20-07-2012	25-06-2012	25	SH300901020	PK 465, Caja Derecha	P500	149	74	2,014	378	1,000	378,0
73	763.042	T1	24-07-2012	06-07-2012	18	SH300901020	PK 506, Caja Derecha	P500	133	54	2,463	516	1,000	516,0
		T2	24-07-2012	06-07-2012	18	SH300901020	PK 506, Caja Derecha	P500	153	54	2,833	513	1,000	513,0
		T3	24-07-2012	06-07-2012	18	SH300901020	PK 506, Caja Derecha	P500	163	54	3,019	526	1,000	526,0
74	774.180-1	T1	13-09-2012	06-07-2012	69	SH300901020	PK 500, Caja Izquierda	P500	90	54	1,667	362	0,973	352,3
		T2	13-09-2012	06-07-2012	69	SH300901020	PK 500, Caja Izquierda	P500	82	54	1,519	396	0,961	380,7
		T3	13-09-2012	06-07-2012	69	SH300901020	PK 500, Caja Izquierda	P500	81	54	1,500	370	0,960	355,2
75	774.506	T4	13-09-2012	06-07-2012	69	SH300901020	PK 500, Caja Izquierda	P500	78	54	1,444	409	0,953	389,9
		T1	28-09-2012	16-08-2012	43	SH300901020	PK 752, Caja Derecha	P500	123	53	2,321	357	1,000	357,0
		T2	28-09-2012	16-08-2012	43	SH300901020	PK 752, Caja Derecha	P500	75	53	1,415	458	0,950	435,0
76	774.507	T1	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	81	53	1,528	596	0,962	573,5
		T2	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	97	53	1,830	614	0,986	605,7
		T3	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	79	53	1,491	609	0,959	584,0
77	774.523	T1	27-09-2012	27-07-2012	62	SH300901020	PK 630, Caja Derecha	P500	88	54	1,630	500	0,970	485,2
		T2	27-09-2012	27-07-2012	62	SH300901020	PK 630, Caja Derecha	P500	93	54	1,722	467	0,978	456,6
		T3	27-09-2012	27-07-2012	62	SH300901020	PK 630, Caja Derecha	P500	79	54	1,463	375	0,956	358,3
78	795.026	T1	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	78	54	1,444	626	0,953	596,8
		T2	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	120	54	2,222	651	1,000	651,0
		T3	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	89	54	1,648	567	0,972	551,0
79	795.239	T1	24-10-2012	17-09-2012	37	SH300901020	PK 933, Caja Derecha	P500	122	54	2,259	660	1,000	660,0
		T2	24-10-2012	17-09-2012	37	SH300901020	PK 933, Caja Derecha	P500	124	54	2,296	641	1,000	641,0
		T3	24-10-2012	17-09-2012	37	SH300901020	PK 933, Caja Derecha	P500	88	54	1,630	598	0,970	580,3
80	795.240	T1	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	73	54	1,352	452	0,942	425,9
		T2	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	79	54	1,463	499	0,956	476,8
		T3	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	82	54	1,519	486	0,961	467,3

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
81	795.245	T1	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	212	54	3,926	469	1,000	469,0
		T2	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	123	54	2,278	497	1,000	497,0
		T3	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	175	54	3,241	516	1,000	516,0
82	795.248	T1	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	116	54	2,148	664	1,000	664,0
		T2	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	142	54	2,630	569	1,000	569,0
		T3	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	110	54	2,037	668	1,000	668,0
83	598	T1	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	94	54	1,741	378	0,979	370,2
		T2	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	81	54	1,500	368	0,960	353,3
		T3	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	92	54	1,704	380	0,976	371,0
84	599	T1	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	87	54	1,611	380	0,969	368,2
		T2	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	83	54	1,537	370	0,963	356,3
		T3	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	86	54	1,593	370	0,967	357,9
85	600	T1	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	56	54	1,037	367	0,879	322,6
		T2	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	59	54	1,093	358	0,892	319,4
		T3	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	59	54	1,093	372	0,892	331,9
86	601	T1	11-02-2013	02-01-2013	41	SH300901020	PK 1525,0 ubicación pto N°17	P500	71	54	1,315	323	0,938	302,9
		T2	11-02-2013	02-01-2013	41	SH300901020	PK 1525,0 ubicación pto N°17	P500	74	54	1,370	321	0,944	303,2
		T3	11-02-2013	02-01-2013	41	SH300901020	PK 1525,0 ubicación pto N°17	P500	58	54	1,074	356	0,888	316,0
87	602	T1	23-02-2013	14-01-2013	43	SH300901020	PK 1585,0	P500	85	54	1,574	381	0,966	368,0
		T2	23-02-2013	14-01-2013	43	SH300901020	PK 1585,0	P500	84	54	1,556	377	0,964	363,6
		T3	23-02-2013	14-01-2013	43	SH300901020	PK 1585,0	P500	84	54	1,556	372	0,964	358,8
88	603	T1	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	89	54	1,648	330	0,972	320,7
		T2	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	84	54	1,556	308	0,964	297,0
		T3	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	86	54	1,593	319	0,967	308,6
89	604	T1	12-03-2013	08-02-2013	34	SH300901020	PK 1710,0 ubicación pto N°15	P500	76	54	1,407	380	0,949	360,6
		T2	12-03-2013	08-02-2013	34	SH300901020	PK 1710,0 ubicación pto N°15	P500	63	54	1,167	359	0,910	326,7
		T3	12-03-2013	08-02-2013	34	SH300901020	PK 1710,0 ubicación pto N°15	P500	78	54	1,444	381	0,953	363,2
90	761	T1	17-03-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1722,5 caja derecha	P500	110	100	1,100	325	0,894	290,6
		T2	15-04-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1722,5 caja derecha	P500	107	100	1,070	317	0,887	281,1
		T3	15-04-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1722,5 caja derecha	P500	109	100	1,090	316	0,892	281,7
91	974	T1	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conex. c. d. p.17	P500	110	100	1,100	385	0,894	344,2
		T2	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conex. c. d. p.17	P500	110	100	1,100	389	0,894	347,8
		T3	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conex. c. d. p.17	P500	111	100	1,110	393	0,896	352,3
92	1106	T1	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 c. caja der. P. 16	P500	110	100	1,100	382	0,894	341,5
		T2	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 c. caja der. P. 16	P500	109	100	1,090	385	0,892	343,3
		T3	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 c. caja der. P. 16	P500	110	100	1,100	382	0,894	341,5
93	1107	T1	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 c.d.p.18, rechequeo	P500	111	100	1,110	412	0,896	369,3
		T2	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 c.d.p.18, rechequeo	P500	100	100	1,000	379	0,870	329,7
		T3	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 c.d.p.18, rechequeo	P500	100	100	1,000	388	0,870	337,6
94	1448	T1	05-08-2013	08-07-2013	28	SH300901020	PK 1780,0 caja derecha 16	P500	111	100	1,110	403	0,896	361,2
		T2	05-08-2013	08-07-2013	28	SH300901020	PK 1780,0 caja derecha 16	P500	112	100	1,120	401	0,899	360,4
		T3	05-08-2013	08-07-2013	28	SH300901020	PK 1780,0 caja derecha 16	P500	110	100	1,100	396	0,894	354,0
95	1449	T1	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja derecha 17	P500	111	100	1,110	395	0,896	354,1
		T2	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja derecha 17	P500	112	100	1,120	400	0,899	359,5
		T3	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja derecha 17	P500	112	100	1,120	400	0,899	359,5
96	1450	T1	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	111	100	1,110	403	0,896	361,2
		T2	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	110	100	1,100	405	0,894	362,1
		T3	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	112	100	1,120	403	0,899	362,2

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
97	1451	T1	21-08-2013	24-07-2013	28	SH300901020	PK 1879.0 caja derecha 16	P500	110	100	1,100	382	0,894	341,5
		T2	21-08-2013	24-07-2013	28	SH300901020	PK 1879.0 caja derecha 16	P500	111	100	1,110	383	0,896	343,3
		T3	21-08-2013	24-07-2013	28	SH300901020	PK 1879.0 caja derecha 16	P500	111	100	1,110	382	0,896	342,4
98	1617	T1	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1940.0 caja derecha 16	P500	92	74	1,243	395	0,928	366,7
		T2	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1940.0 caja derecha 16	P500	92	74	1,243	403	0,928	374,1
		T3	08-09-2013	11-08-2013	28	SH300901020	PK 1940.0 caja derecha 16	P500	91	74	1,230	398	0,925	368,2
99	1618	T1	17-09-2013	20-08-2013	28	SH300901020	PK 1974.0 caja izquierda 6	P500	110	100	1,100	400	0,894	357,6
		T2	17-09-2013	20-08-2013	28	SH300901020	PK 1974.0 caja izquierda 6	P500	112	100	1,120	408	0,899	366,7
		T3	17-09-2013	20-08-2013	28	SH300901020	PK 1974.0 caja izquierda 6	P500	111	100	1,110	402	0,896	360,4
100	1619	T1	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908.0 caja derecha 17	P500	112	100	1,120	410	0,899	368,5
		T2	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908.0 caja derecha 17	P500	113	100	1,130	403	0,901	363,2
		T3	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908.0 caja derecha 17	P500	112	100	1,120	407	0,899	365,8
101	1813	T1	26-10-2013	28-09-2013	28	SH300901020	PK 2030.0 caja derecha 15	P500	80	67	1,194	303	0,917	277,7
		T2	26-10-2013	28-09-2013	28	SH300901020	PK 2030.0 caja derecha 15	P500	81	67	1,209	301	0,920	277,0
		T3	26-10-2013	28-09-2013	28	SH300901020	PK 2030.0 caja derecha 15	P500	81	67	1,209	308	0,920	283,4
102	1925	T1	23-11-2013	26-10-2013	28	SH300901020	PK 2090.0 caja izquierda 7	P500	89	67	1,328	396	0,939	372,0
		T2	23-11-2013	26-10-2013	28	SH300901020	PK 2090.0 caja izquierda 7	P500	90	67	1,343	400	0,941	376,5
		T3	23-11-2013	26-10-2013	28	SH300901020	PK 2090.0 caja izquierda 7	P500	90	67	1,343	394	0,941	370,8
103	1926	T1	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125.0 caja derecha 15	P500	91	67	1,358	399	0,943	376,3
		T2	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125.0 caja derecha 15	P500	90	67	1,343	392	0,941	368,9
		T3	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125.0 caja derecha 15	P500	89	67	1,328	396	0,939	372,0
104	1927	T1	06-12-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1059.0 caja derecha 16	P500	89	67	1,328	364	0,939	341,9
		T2	06-12-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1059.0 caja derecha 16	P500	88	67	1,313	373	0,938	349,7
		T3	06-12-2013	09-10-2013	28	SH300901020	PK 1059.0 caja derecha 16	P500	90	67	1,343	362	0,941	340,7
105	1928	T1	06-12-2013	21-10-2012	411	SH300901020	PK 1114.0 caja derecha 16	P500	90	67	1,343	402	0,941	378,4
		T2	06-12-2013	22-10-2012	411	SH300901020	PK 1114.0 caja derecha 16	P500	88	67	1,313	392	0,938	367,5
		T3	06-12-2013	23-10-2012	411	SH300901020	PK 1114.0 caja derecha 16	P500	92	67	1,373	401	0,945	378,9
106	1929	T1	06-12-2013	29-10-2012	403	SH300901020	PK 1175.0 caja derecha 16	P500	88	67	1,313	388	0,938	363,8
		T2	06-12-2013	29-10-2012	403	SH300901020	PK 1175.0 caja derecha 16	P500	88	67	1,313	394	0,938	369,4
		T3	06-12-2013	29-10-2012	403	SH300901020	PK 1175.0 caja derecha 16	P500	90	67	1,343	383	0,941	360,5
107	2074	T1	30-12-2013	02-12-2013	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P500	89	67	1,328	392	0,939	368,2
		T2	30-12-2013	02-12-2013	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P500	90	67	1,343	388	0,941	365,2
		T3	30-12-2013	02-12-2013	28	SH300901020	PK 2180.0 caja derecha 16	P500	91	67	1,358	395	0,943	372,5
108	2075	T1	31-12-2013	11-08-2013	142	SH300901020	PK 1940.0 c.d. 16 (rechequeo)	P500	90	67	1,343	383	0,941	360,5
		T2	31-12-2013	11-08-2013	142	SH300901020	PK 1940.0 c.d. 16 (rechequeo)	P500	91	67	1,358	394	0,943	371,5
		T3	31-12-2013	11-08-2013	142	SH300901020	PK 1940.0 c.d. 16 (rechequeo)	P500	90	67	1,343	388	0,941	365,2
109	2203	T1	17-01-2014	16-12-2013	28	SH300901020	PK 2191.5 caja izquierda 4	P500	88	67	1,313	382	0,938	358,2
		T2	17-01-2014	16-12-2013	28	SH300901020	PK 2191.5 caja izquierda 4	P500	88	67	1,313	388	0,938	363,8
		T3	17-01-2014	16-12-2013	28	SH300901020	PK 2191.5 caja izquierda 4	P500	87	67	1,299	377	0,936	352,8
110	2302	T1	13-02-2014	03-02-2014	10	SH300901020	PK 2231.5 caja izquierda 8	P500	89	67	1,328	271	0,939	254,6
		T2	03-03-2014	03-02-2014	28	SH300901020	PK 2231.5 caja izquierda 8	P500	87	67	1,299	368	0,936	344,4
		T3	03-03-2014	03-02-2014	28	SH300901020	PK 2231.5 caja izquierda 8	P500	89	67	1,328	374	0,939	351,3
111	2405	T1	08-04-2014	11-03-2014	28	SH300901020	PK 2280.0 caja izquierda 5	P500	107	100	1,070	368	0,887	326,3
		T2	08-04-2014	11-03-2014	28	SH300901020	PK 2280.0 caja izquierda 5	P500	106	100	1,060	356	0,884	314,8
		T3	08-04-2014	11-03-2014	28	SH300901020	PK 2280.0 caja izquierda 5	P500	108	100	1,080	363	0,889	322,8
112	2559	T1	06-05-2014	08-04-2014	28	SH300901020	PK 2340.0 caja derecha 16	P500	107	100	1,070	379	0,887	336,1
		T2	06-05-2014	08-04-2014	28	SH300901020	PK 2340.0 caja derecha 16	P500	110	100	1,100	368	0,894	329,0
		T3	06-05-2014	08-04-2014	28	SH300901020	PK 2340.0 caja derecha 16	P500	107	100	1,070	381	0,887	337,9

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
			N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez
113	2670	T1	25-05-2014	27-04-2014	28	SH300901020	PK 2403,0 caja derecha 16	P500	113	100	1,130	374	0,901	337,0
		T2	25-05-2014	27-04-2014	28	SH300901020	PK 2403,0 caja derecha 16	P500	110	100	1,100	364	0,894	325,4
		T3	25-05-2014	27-04-2014	28	SH300901020	PK 2403,0 caja derecha 16	P500	109	100	1,090	388	0,892	345,9
114	2671	T1	07-06-2014	10-05-2014	28	SH300901020	PK 2435,0 c.d.16.C.t. prin.	P500	109	100	1,090	362	0,892	322,8
		T2	07-06-2014	10-05-2014	28	SH300901020	PK 2435,0 c.d.16.C.t. prin.	P500	107	100	1,070	383	0,887	339,6
		T3	07-06-2014	10-05-2014	28	SH300901020	PK 2435,0 c.d.16.C.t. prin.	P500	111	100	1,110	369	0,896	330,8
115	774.175	T1	13-09-2012	21-08-2012	23	SH300901020	PK 10, Caja Izquierda	TAP	377	104	3,625	435	1,000	435,0
		T2	13-09-2012	21-08-2012	23	SH300901020	PK 10, Caja Izquierda	TAP	426	104	4,096	462	1,000	462,0
		T3	13-09-2012	21-08-2012	23	SH300901020	PK 10, Caja Izquierda	TAP	429	104	4,125	412	1,000	412,0
116	794.690	T1	08-10-2012	26-09-2012	12	SH300901020	PK 72	TAP	179	74	2,419	436	1,000	436,0
		T2	08-10-2012	26-09-2012	12	SH300901020	PK 72	TAP	144	74	1,946	516	0,996	513,8
		T3	08-10-2012	26-09-2012	12	SH300901020	PK 72	TAP	145	74	1,959	478	0,997	476,4
117	794.691	T1	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	203	53	3,830	556	1,000	556,0
		T2	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	128	53	2,415	459	1,000	459,0
		T3	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	227	53	4,283	409	1,000	409,0
118	416	T1	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 231,0 ubicación pto N°17	TAP	67	54	1,241	316	0,928	293,2
		T2	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 231,0 ubicación pto N°17	TAP	67	54	1,241	301	0,928	279,3
		T3	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 231,0 ubicación pto N°17	TAP	100	54	1,852	301	0,988	297,4
119	417	T1	27-11-2012	25-01-2013	59	SH300901020	PK 295,0 ubicación pto N°17	TAP	102	54	1,889	329	0,991	326,1
		T2	27-11-2012	25-01-2013	59	SH300901020	PK 295,0 ubicación pto N°17	TAP	58	54	1,074	303	0,888	269,0
		T3	27-11-2012	25-01-2013	59	SH300901020	PK 295,0 ubicación pto N°17	TAP	103	54	1,907	315	0,993	312,7
120	418	T1	14-12-2012	19-02-2013	67	SH300901020	PK 357,0 ubicación pto N°8	TAP	118	94	1,255	359	0,931	334,1
		T2	14-12-2012	19-02-2013	67	SH300901020	PK 357,0 ubicación pto N°8	TAP	130	94	1,383	361	0,946	341,5
		T3	14-12-2012	19-02-2013	67	SH300901020	PK 357,0 ubicación pto N°8	TAP	135	94	1,436	367	0,952	349,5
121	419	T1	04-01-2013	01-02-2013	28	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°17	TAP	78	54	1,444	307	0,953	292,7
		T2	04-01-2013	01-02-2013	28	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°17	TAP	84	54	1,556	306	0,964	295,1
		T2	04-01-2013	01-02-2013	27	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°16	TAP	80	54	1,481	323	0,958	309,4
122	684	T1	18-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 527,0 ubicación pto N°4	TAP	63	54	1,167	332	0,910	302,1
		T2	18-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 527,0 ubicación pto N°4	TAP	61	54	1,130	343	0,901	309,1
		T3	18-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 527,0 ubicación pto N°4	TAP	61	54	1,130	335	0,901	301,9
123	685	T1	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	116	100	1,160	393	0,908	357,0
		T2	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	112	100	1,120	390	0,899	350,5
		T3	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	114	100	1,140	393	0,904	355,1
124	686	T1	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 626,0 ubicación pto N°5	TAP	110	100	1,100	366	0,894	327,2
		T2	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 626,0 ubicación pto N°5	TAP	111	100	1,110	376	0,896	337,0
		T3	09-03-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 626,0 ubicación pto N°5	TAP	108	100	1,080	369	0,889	328,1
125	811	T1	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	113	100	1,130	390	0,901	351,5
		T2	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	108	100	1,080	389	0,889	345,9
		T3	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	112	100	1,120	381	0,899	342,4
126	812	T1	29-03-2013	23-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 caja izquierda pto 2	TAP	111	100	1,110	406	0,896	363,9
		T2	29-03-2013	23-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 caja izquierda pto 2	TAP	109	100	1,090	401	0,892	357,5
		T3	29-03-2013	23-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 caja izquierda pto 2	TAP	111	100	1,110	394	0,896	353,2
127	813	T1	04-04-2013	29-03-2013	28	SH300901020	PK 783,0 caja izquierda pto 5	TAP	111	100	1,110	395	0,896	354,1
		T2	04-04-2013	29-03-2013	28	SH300901020	PK 783,0 caja izquierda pto 5	TAP	110	100	1,100	401	0,894	358,5
		T3	04-04-2013	29-03-2013	28	SH300901020	PK 783,0 caja izquierda pto 5	TAP	110	100	1,100	403	0,894	360,3
128	814	T1	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	110	100	1,100	401	0,894	358,5
		T2	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	109	100	1,090	400	0,892	356,6
		T3	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	110	100	1,100	400	0,894	357,6

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
129	975	T1	18-02-2013	18-01-2013	28	SH300901020	PK 450,0 caja izq. punto 5	TAP	84	54	1,556	352	0,964	339,5
		T2	18-02-2013	18-01-2013	28	SH300901020	PK 450,0 caja izq. punto 5	TAP	78	54	1,444	343	0,953	327,0
		T3	18-02-2013	18-01-2013	28	SH300901020	PK 450,0 caja izq. punto 5	TAP	80	54	1,481	362	0,958	346,7
130	976	T1	05-05-2013	20-04-2013	28	SH300901020	PK 897,0 caja d. punto 16	TAP	111	100	1,110	385	0,896	345,1
		T2	05-05-2013	20-04-2013	28	SH300901020	PK 897,0 caja d. punto 16	TAP	109	100	1,090	389	0,892	346,8
		T3	05-05-2013	20-04-2013	28	SH300901020	PK 897,0 caja d. punto 16	TAP	110	100	1,100	384	0,894	343,3
131	977	T1	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	383	0,896	343,3
		T2	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	395	0,894	353,1
		T3	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izq. punto 3	TAP	109	100	1,090	384	0,892	342,4
132	978	T1	18-05-2013	06-05-2013	28	SH300901020	PK 979,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	395	0,894	353,1
		T2	18-05-2013	06-05-2013	28	SH300901020	PK 979,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	389	0,896	348,7
		T3	18-05-2013	06-05-2013	28	SH300901020	PK 979,0 caja izq. punto 3	TAP	109	100	1,090	383	0,892	341,5
133	979	T1	22-05-2013	27-04-2013	28	SH300901020	PK 1039,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	385	0,896	345,1
		T2	22-05-2013	27-04-2013	28	SH300901020	PK 1039,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	394	0,894	352,2
		T3	22-05-2013	27-04-2013	28	SH300901020	PK 1039,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	391	0,894	349,6
134	1114	T1	26-06-2013	29-05-2013	28	SH300901020	PK 1099,0 caja izq. punto 4	TAP	110	100	1,100	389	0,894	347,8
		T2	26-06-2013	29-05-2013	28	SH300901020	PK 1099,0 caja izq. punto 4	TAP	112	100	1,120	388	0,899	348,7
		T3	26-06-2013	29-05-2013	28	SH300901020	PK 1099,0 caja izq. punto 4	TAP	111	100	1,110	394	0,896	353,2
135	1115	T1	03-07-2013	05-06-2013	28	SH300901020	PK 1140,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	384	0,896	344,2
		T2	03-07-2013	05-06-2013	28	SH300901020	PK 1140,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	382	0,896	342,4
		T3	03-07-2013	05-06-2013	28	SH300901020	PK 1140,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	386	0,894	345,1
136	1116	T1	09-07-2013	11-06-2013	28	SH300901020	PK 1180,0 caka izq. punto 4	TAP	112	100	1,120	400	0,899	359,5
		T2	09-07-2013	11-06-2013	28	SH300901020	PK 1180,0 caka izq. punto 4	TAP	110	100	1,100	401	0,894	358,5
		T3	09-07-2013	11-06-2013	28	SH300901020	PK 1180,0 caka izq. punto 4	TAP	111	100	1,110	398	0,896	356,8
137	1320	T1	18-07-2013	20-06-2013	28	SH300901020	PK 1239,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	382	0,896	342,4
		T2	18-07-2013	20-06-2013	28	SH300901020	PK 1239,0 caja izq. punto 3	TAP	112	100	1,120	383	0,899	344,2
		T3	18-07-2013	20-06-2013	28	SH300901020	PK 1239,0 caja izq. punto 3	TAP	110	100	1,100	382	0,894	341,5
138	1321	T1	30-06-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 2048,0 caja der. punto 17	TAP	111	100	1,110	388	0,896	347,8
		T2	30-06-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 2048,0 caja der. punto 17	TAP	110	100	1,100	388	0,894	346,9
		T3	30-06-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 2048,0 caja der. punto 17	TAP	111	100	1,110	391	0,896	350,5
139	1322	T1	24-07-2013	26-06-2013	28	SH300901020	PK 1291,0 caja izq. punto 4	TAP	111	100	1,110	385	0,896	345,1
		T2	24-07-2013	26-06-2013	28	SH300901020	PK 1291,0 caja izq. punto 4	TAP	111	100	1,110	381	0,896	341,5
		T3	24-07-2013	26-06-2013	28	SH300901020	PK 1291,0 caja izq. punto 4	TAP	112	100	1,120	380	0,899	341,5
140	1323	T1	30-07-2013	02-07-2013	28	SH300901020	PK 1349,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	396	0,896	355,0
		T2	30-07-2013	02-07-2013	28	SH300901020	PK 1349,0 caja izq. punto 3	TAP	111	100	1,110	394	0,896	353,2
		T3	30-07-2013	02-07-2013	28	SH300901020	PK 1349,0 caja izq. punto 3	TAP	112	100	1,120	401	0,899	360,4
141	1324	T1	25-07-2013	27-06-2013	28	SH300901020	PK 2092,0 caja derecha 17	TAP	111	100	1,110	401	0,896	359,5
		T2	25-07-2013	27-06-2013	28	SH300901020	PK 2092,0 caja derecha 17	TAP	112	100	1,120	401	0,899	360,4
		T3	25-07-2013	27-06-2013	28	SH300901020	PK 2092,0 caja derecha 17	TAP	112	100	1,120	400	0,899	359,5
142	1325	T1	02-08-2013	05-07-2013	28	SH300901020	PK 1377,0 caja izquierda 4	TAP	112	100	1,120	396	0,899	355,9
		T2	02-08-2013	05-07-2013	28	SH300901020	PK 1377,0 caja izquierda 4	TAP	112	100	1,120	398	0,899	357,7
		T3	02-08-2013	05-07-2013	28	SH300901020	PK 1377,0 caja izquierda 4	TAP	111	100	1,110	400	0,896	358,6
143	1326	T1	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1437,0 caja izquierda 4	TAP	111	100	1,110	401	0,896	359,5
		T2	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1437,0 caja izquierda 4	TAP	111	100	1,110	401	0,896	359,5
		T3	11-08-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 1437,0 caja izquierda 4	TAP	111	100	1,110	399	0,896	357,7
144	1452	T1	19-08-2013	22-07-2013	28	SH300901020	PK 1495,0 caja izquierda 3	TAP	111	100	1,110	399	0,896	357,7
		T2	19-08-2013	22-07-2013	28	SH300901020	PK 1495,0 caja izquierda 3	TAP	111	100	1,110	400	0,896	358,6
		T3	19-08-2013	22-07-2013	28	SH300901020	PK 1495,0 caja izquierda 3	TAP	110	100	1,100	398	0,894	355,8

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
145	1453	T1	07-08-2013	15-04-2013	28	SH300901020	PK 687,0 caja izquierda 3	TAP	111	100	1,110	382	0,896	342,4
		T2	07-08-2013	15-04-2013	28	SH300901020	PK 687,0 caja izquierda 3	TAP	111	100	1,110	388	0,896	347,8
		T3	07-08-2013	15-04-2013	28	SH300901020	PK 687,0 caja izquierda 3	TAP	112	100	1,120	386	0,899	346,9
146	1454	T1	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1555,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	388	0,915	355,2
		T2	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1555,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	402	0,915	368,0
		T3	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1555,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	399	0,915	365,2
147	1455	T1	03-09-2013	06-08-2013	28	SH300901020	PK 1618,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	399	0,915	365,2
		T2	03-09-2013	06-08-2013	28	SH300901020	PK 1618,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	387	0,915	354,3
		T3	03-09-2013	06-08-2013	28	SH300901020	PK 1618,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	396	0,915	362,5
148	1620	T1	10-09-2013	13-08-2013	28	SH300901020	PK 1667,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	398	0,915	364,3
		T2	10-09-2013	13-08-2013	28	SH300901020	PK 1667,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	389	0,915	356,1
		T3	10-09-2013	13-08-2013	28	SH300901020	PK 1667,0 caja izquierda 3	TAP	88	74	1,189	407	0,915	372,6
149	1621	T1	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673,0 caja izquierda 6	TAP	90	74	1,216	388	0,922	357,7
		T2	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673,0 caja izquierda 6	TAP	91	74	1,230	393	0,925	363,6
		T3	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673,0 caja izquierda 6	TAP	92	74	1,243	399	0,928	370,4
150	1622	T1	18-09-2013	21-08-2013	28	SH300901020	PK 1727,0 caja izquierda 6	TAP	92	74	1,243	398	0,928	369,5
		T2	18-09-2013	21-08-2013	28	SH300901020	PK 1727,0 caja izquierda 6	TAP	92	74	1,243	401	0,928	372,3
		T3	18-09-2013	21-08-2013	28	SH300901020	PK 1727,0 caja izquierda 6	TAP	91	74	1,230	399	0,925	369,1
151	1623	T1	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1787,0 caja izquierda 6	TAP	91	74	1,230	401	0,925	371,0
		T2	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1787,0 caja izquierda 6	TAP	91	74	1,230	395	0,925	365,4
		T3	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1787,0 caja izquierda 6	TAP	92	74	1,243	405	0,928	376,0
152	1624	T1	06-10-2013	08-09-2013	28	SH300901020	PK 1847,0 caja izquierda 5	TAP	92	74	1,243	403	0,928	374,1
		T2	06-10-2013	08-09-2013	28	SH300901020	PK 1847,0 caja izquierda 5	TAP	91	74	1,230	398	0,925	368,2
		T3	06-10-2013	08-09-2013	28	SH300901020	PK 1847,0 caja izquierda 5	TAP	91	74	1,230	400	0,925	370,1
153	1625	T1	13-10-2013	15-09-2013	28	SH300901020	PK 1906,0 caja izquierda 4	TAP	107	100	1,070	401	0,887	355,6
		T2	13-10-2013	15-09-2013	28	SH300901020	PK 1906,0 caja izquierda 4	TAP	108	100	1,080	394	0,889	350,3
		T3	13-10-2013	15-09-2013	28	SH300901020	PK 1906,0 caja izquierda 4	TAP	108	100	1,080	398	0,889	353,9
154	1812	T1	21-10-2013	23-09-2013	28	SH300901020	PK 1965,0 caja izquierda 5	TAP	92	74	1,243	402	0,928	373,2
		T2	21-10-2013	23-09-2013	28	SH300901020	PK 1965,0 caja izquierda 5	TAP	92	74	1,243	396	0,928	367,6
		T3	21-10-2013	23-09-2013	28	SH300901020	PK 1965,0 caja izquierda 5	TAP	90	74	1,216	399	0,922	367,8
155	1933	T1	13-11-2013	16-10-2013	28	SH300901020	PK 2136,0 caja izquierda 5	TAP	88	67	1,313	389	0,938	364,7
		T2	13-11-2013	16-10-2013	28	SH300901020	PK 2136,0 caja izquierda 5	TAP	88	67	1,313	394	0,938	369,4
		T3	13-11-2013	16-10-2013	28	SH300901020	PK 2136,0 caja izquierda 5	TAP	88	67	1,313	387	0,938	362,9
156	2054	T1	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022,0 caja izquierda 5	TAP	87	74	1,176	369	0,912	336,6
		T2	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022,0 caja izquierda 5	TAP	88	74	1,189	365	0,915	334,1
		T3	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022,0 caja izquierda 5	TAP	88	74	1,189	359	0,915	328,6
157	2077	T1	29-11-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2180,0 caja derecha 14	TAP	91	67	1,358	392	0,943	369,7
		T2	29-11-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2180,0 caja derecha 14	TAP	92	67	1,373	393	0,945	371,3
		T3	29-11-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2180,0 caja derecha 14	TAP	92	67	1,373	401	0,945	378,9
158	2078	T1	16-12-2013	18-11-2013	28	SH300901020	PK 2202,0 caja derecha 15	TAP	90	67	1,343	393	0,941	369,9
		T2	16-12-2013	18-11-2013	28	SH300901020	PK 2202,0 caja derecha 15	TAP	91	67	1,358	383	0,943	361,2
		T3	16-12-2013	18-11-2013	28	SH300901020	PK 2202,0 caja derecha 15	TAP	92	67	1,373	388	0,945	366,6
159	2205	T1	18-01-2014	21-12-2013	28	SH300901020	PK 2250,0 caja izquierda 5	TAP	111	100	1,110	387	0,896	346,9
		T2	18-01-2014	21-12-2013	28	SH300901020	PK 2250,0 caja izquierda 5	TAP	112	100	1,120	396	0,899	355,9
		T3	18-01-2014	21-12-2013	28	SH300901020	PK 2250,0 caja izquierda 5	TAP	110	100	1,100	392	0,894	350,4
160	2206	T1	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 2305,0 caja izquierda 4	TAP	90	67	1,343	398	0,941	374,6
		T2	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 2305,0 caja izquierda 4	TAP	91	67	1,358	392	0,943	369,7
		T3	08-02-2014	11-01-2014	28	SH300901020	PK 2305,0 caja izquierda 4	TAP	92	67	1,373	396	0,945	374,1

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
161	2306	T1	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2340,0 caja izquierda 9	TAP	91	67	1,358	400	0,943	377,2
		T2	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2340,0 caja izquierda 9	TAP	90	67	1,343	393	0,941	369,9
		T3	17-02-2014	20-01-2014	28	SH300901020	PK 2340,0 caja izquierda 9	TAP	92	67	1,373	403	0,945	380,7
162	2307	T1	13-02-2014	31-01-2014	13	SH300901020	PK 2360,2 caja izquierda 4	TAP	87	74	1,176	267	0,912	243,5
		T2	28-02-2014	31-01-2014	28	SH300901020	PK 2360,2 caja izquierda 4	TAP	90	74	1,216	377	0,922	347,6
		T3	28-02-2014	31-01-2014	28	SH300901020	PK 2360,2 caja izquierda 4	TAP	89	74	1,203	380	0,919	349,1
163	2410	T1	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2414,0 caja izquierda 4	TAP	112	100	1,120	427	0,899	383,8
		T2	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2414,0 caja izquierda 4	TAP	113	100	1,130	449	0,901	404,6
		T3	03-04-2014	06-03-2014	28	SH300901020	PK 2414,0 caja izquierda 4	TAP	112	100	1,120	437	0,899	392,8
164	2563	T1	21-04-2014	24-03-2014	28	SH300901020	PK 2474,0 caja izquierda 4	TAP	68	67	1,015	367	0,874	320,6
		T2	21-04-2014	24-03-2014	28	SH300901020	PK 2474,0 caja izquierda 4	TAP	68	67	1,015	356	0,874	311,0
		T3	21-04-2014	24-03-2014	28	SH300901020	PK 2474,0 caja izquierda 4	TAP	68	67	1,015	358	0,874	312,7
165	2675	T1	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 8	TAP	68	67	1,015	318	0,874	277,8
		T2	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 8	TAP	68	67	1,015	325	0,874	283,9
		T3	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 8	TAP	68	67	1,015	310	0,874	270,8
166	2676	T1	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	106	100	1,060	365	0,884	322,8
		T2	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	112	100	1,120	383	0,899	344,2
		T3	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	109	100	1,090	387	0,892	345,0
167	2868	T1	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2635,0 caja derecha 16	TAP	69	67	1,030	412	0,877	361,4
		T2	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2635,0 caja derecha 16	TAP	68	67	1,015	406	0,874	354,7
		T3	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2635,0 caja derecha 16	TAP	70	67	1,045	389	0,881	342,6
168	3039	T1	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK2840,0 c.d. 16 ag. arriba t.4	TAP	70	67	1,045	398	0,881	350,5
		T2	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK2840,0 c.d. 16 ag. arriba t.4	TAP	69	67	1,030	384	0,877	336,8
		T3	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK2840,0 c.d. 16 ag. arriba t.4	TAP	72	67	1,075	379	0,888	336,5
169	3040	T1	14-07-2014	16-06-2014	28	SH300901020	PK 2700,0 caja izquierda 5	TAP	111	100	1,110	388	0,896	347,8
		T2	14-07-2014	16-06-2014	28	SH300901020	PK 2700,0 caja izquierda 5	TAP	109	100	1,090	401	0,892	357,5
		T3	14-07-2014	16-06-2014	28	SH300901020	PK 2700,0 caja izquierda 5	TAP	107	100	1,070	394	0,887	349,4
170	3041	T1	03-08-2014	06-07-2014	28	SH300901020	PK 2755,0 caja izquierda 7	TAP	112	100	1,120	400	0,899	359,5
		T2	03-08-2014	06-07-2014	28	SH300901020	PK 2755,0 caja izquierda 7	TAP	110	100	1,100	415	0,894	371,0
		T3	03-08-2014	06-07-2014	28	SH300901020	PK 2755,0 caja izquierda 7	TAP	113	100	1,130	409	0,901	368,6
171	2864	T1	28-06-2014	31-05-2014	28	SH300901020	PK 2496,0 c.d. 16 C. n2 TAP	TAP	69	67	1,030	403	0,877	353,5
		T2	28-06-2014	31-05-2014	28	SH300901020	PK 2496,0 c.d. 16 C. n2 TAP	TAP	71	67	1,060	393	0,884	347,5
		T3	28-06-2014	31-05-2014	28	SH300901020	PK 2496,0 c.d. 16 C. n2 TAP	TAP	70	67	1,045	401	0,881	353,2
172	794.886	T1	16-10-2012	01-10-2012	15	SH300901020	PK 11	TC	399	104	3,837	480	1,000	480,0
		T2	16-10-2012	01-10-2012	15	SH300901020	PK 11	TC	196	104	1,885	439	0,991	434,9
		T3	16-10-2012	01-10-2012	15	SH300901020	PK 11	TC	335	104	3,221	484	1,000	484,0
173	313	T1	13-12-2012	18-11-2012	65	SH300901020	PK 128,5 (caja derecha N°17)	TC	117	100	1,170	391	0,911	356,1
		T2	13-12-2012	18-11-2012	65	SH300901020	PK 128,5 (caja derecha N°17)	TC	115	100	1,150	393	0,906	356,1
		T3	13-12-2012	18-11-2012	65	SH300901020	PK 128,5 (caja derecha N°17)	TC	130	100	1,300	394	0,936	368,8
174	314	T1	13-12-2012	22-01-2013	50	SH300901020	PK 178,0 (caja derecha N°17)	TC	86	54	1,593	370	0,967	357,9
		T2	13-12-2012	22-01-2013	50	SH300901020	PK 178,0 (caja derecha N°17)	TC	99	54	1,833	363	0,987	358,2
		T3	13-12-2012	22-01-2013	50	SH300901020	PK 178,0 (caja derecha N°17)	TC	96	54	1,778	373	0,982	366,4
175	315	T1	17-12-2012	17-12-2012	28	SH300901020	PK 135,0 (ubicación N°13)	TC	104	54	1,926	458	0,994	455,3
		T2	17-12-2012	17-12-2012	28	SH300901020	PK 135,0 (ubicación N°13)	TC	103	54	1,907	426	0,993	422,8
		T3	17-12-2012	17-12-2012	28	SH300901020	PK 135,0 (ubicación N°13)	TC	105	54	1,944	443	0,996	441,0
176	316	T1	06-01-2013	18-12-2012	35	SH300901020	PK 216,0 (ubicación N°16)	TC	102	97	1,052	396	0,882	349,4
		T2	06-01-2013	18-12-2012	35	SH300901020	PK 216,0 (ubicación N°16)	TC	125	97	1,289	423	0,935	395,4
		T3	06-01-2013	18-12-2012	35	SH300901020	PK 216,0 (ubicación N°16)	TC	117	97	1,206	429	0,919	394,5

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
177	413	T1	30-01-2013	08-01-2013	28	SH300901020	PK 269,0 ubicación pto N°16	TC	81	54	1,500	336	0,960	322,6
		T2	30-01-2013	08-01-2013	28	SH300901020	PK 269,0 ubicación pto N°16	TC	78	54	1,444	319	0,953	304,1
		T3	30-01-2013	08-01-2013	28	SH300901020	PK 269,0 ubicación pto N°16	TC	73	54	1,352	333	0,942	313,8
178	414	T1	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 328,0 ubicación pto N°17	TC	96	54	1,778	481	0,982	472,4
		T2	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 328,0 ubicación pto N°17	TC	81	54	1,500	419	0,960	402,2
		T3	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 328,0 ubicación pto N°17	TC	94	54	1,741	390	0,979	381,9
179	415	T1	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 353,0 ubicación pto N°17	TC	86	54	1,593	329	0,967	318,3
		T2	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 353,0 ubicación pto N°17	TC	101	54	1,870	346	0,990	342,4
		T3	09-02-2013	13-01-2013	28	SH300901020	PK 353,0 ubicación pto N°17	TC	93	54	1,722	326	0,978	318,8
180	619	T1	20-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 392,0 punto N°18	TC	107	100	1,070	380	0,887	337,0
		T2	20-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 392,0 punto N°18	TC	107	100	1,070	359	0,887	318,4
		T3	20-02-2013	06-02-2013	28	SH300901020	PK 392,0 punto N°18	TC	110	100	1,100	381	0,894	340,6
181	620	T1	07-03-2013	12-02-2013	28	SH300901020	PK 420,0 punto N°15	TC	111	100	1,110	362	0,896	324,5
		T2	07-03-2013	12-02-2013	28	SH300901020	PK 420,0 punto N°15	TC	101	100	1,010	338	0,872	294,9
		T3	07-03-2013	12-02-2013	28	SH300901020	PK 420,0 punto N°15	TC	109	100	1,090	352	0,892	313,8
182	621	T1	16-03-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 477,0 punto N°17	TC	107	100	1,070	404	0,887	358,3
		T2	16-03-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 477,0 punto N°17	TC	108	100	1,080	422	0,889	375,2
		T3	16-03-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 477,0 punto N°17	TC	110	100	1,100	437	0,894	390,7
183	861	T1	21-03-2013	13-03-2013	28	SH300901020	PK 540,0 caja derecha pto 15	TC	111	100	1,110	402	0,896	360,4
		T2	21-03-2013	13-03-2013	28	SH300901020	PK 540,0 caja derecha pto 15	TC	110	100	1,100	409	0,894	365,6
		T3	21-03-2013	13-03-2013	28	SH300901020	PK 540,0 caja derecha pto 15	TC	110	100	1,100	403	0,894	360,3
184	862	T1	29-03-2013	22-03-2013	28	SH300901020	PK 589,5 caja derecha pto 17	TC	110	100	1,100	399	0,894	356,7
		T2	29-03-2013	22-03-2013	28	SH300901020	PK 589,5 caja derecha pto 17	TC	110	100	1,100	396	0,894	354,0
		T3	29-03-2013	22-03-2013	28	SH300901020	PK 589,5 caja derecha pto 17	TC	110	100	1,100	400	0,894	357,6
185	863	T1	13-04-2013	02-04-2013	28	SH300901020	PK 649,0 caja derecha pto 17	TC	111	100	1,110	399	0,896	357,7
		T2	13-04-2013	02-04-2013	28	SH300901020	PK 649,0 caja derecha pto 17	TC	112	100	1,120	400	0,899	359,5
		T3	13-04-2013	02-04-2013	28	SH300901020	PK 649,0 caja derecha pto 17	TC	111	100	1,110	401	0,896	359,5
186	980	T1	20-04-2013	16-04-2013	28	SH300901020	PK 716,0 caja izq. punto 4	TC	111	100	1,110	389	0,896	348,7
		T2	20-04-2013	16-04-2013	28	SH300901020	PK 716,0 caja izq. punto 4	TC	111	100	1,110	395	0,896	354,1
		T3	20-04-2013	16-04-2013	28	SH300901020	PK 716,0 caja izq. punto 4	TC	110	100	1,100	386	0,894	345,1
187	981	T1	05-05-2013	28-04-2013	28	SH300901020	PK 776,0 caja der. punto 15	TC	110	100	1,100	395	0,894	353,1
		T2	05-05-2013	28-04-2013	28	SH300901020	PK 776,0 caja der. punto 15	TC	110	100	1,100	392	0,894	350,4
		T3	05-05-2013	28-04-2013	28	SH300901020	PK 776,0 caja der. punto 15	TC	111	100	1,110	395	0,896	354,1
188	982	T1	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841,0 caja der. punto 16	TC	111	100	1,110	386	0,896	346,0
		T2	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841,0 caja der. punto 16	TC	110	100	1,100	389	0,894	347,8
		T3	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841,0 caja der. punto 16	TC	110	100	1,100	392	0,894	350,4
189	1108	T1	18-06-2013	21-05-2013	28	SH300901020	PK 890,0 caja der. punto 17	TC	111	100	1,110	389	0,896	348,7
		T2	18-06-2013	21-05-2013	28	SH300901020	PK 890,0 caja der. punto 17	TC	109	100	1,090	392	0,892	349,5
		T3	18-06-2013	21-05-2013	28	SH300901020	PK 890,0 caja der. punto 17	TC	110	100	1,100	387	0,894	346,0
190	1109	T1	27-06-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 950,0 caja der. punto 16	TC	112	100	1,120	382	0,899	343,3
		T2	27-06-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 950,0 caja der. punto 16	TC	110	100	1,100	385	0,894	344,2
		T3	27-06-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 950,0 caja der. punto 16	TC	111	100	1,110	382	0,896	342,4
191	1110	T1	05-07-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 990,0 caja der. punto 17	TC	111	100	1,110	383	0,896	343,3
		T2	05-07-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 990,0 caja der. punto 17	TC	110	100	1,100	383	0,894	342,4
		T3	05-07-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 990,0 caja der. punto 17	TC	111	100	1,110	382	0,896	342,4
192	1111	T1	02-07-2013	04-06-2013	28	SH300901020	PK 2046,0 c. izq. P. 4 conex.	TC	111	100	1,110	393	0,896	352,3
		T2	02-07-2013	04-06-2013	28	SH300901020	PK 2046,0 c. izq. P. 4 conex.	TC	110	100	1,100	399	0,894	356,7
		T3	02-07-2013	04-06-2013	28	SH300901020	PK 2046,0 c. izq. P. 4 conex.	TC	111	100	1,110	396	0,896	355,0

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
			N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez
193	1267	T1	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 17	TC	110	100	1,100	394	0,894	352,2
		T2	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 17	TC	109	100	1,090	395	0,892	352,2
		T3	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 17	TC	112	100	1,120	395	0,899	355,0
194	1268	T1	23-07-2013	25-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 16	TC	112	100	1,120	383	0,899	344,2
		T2	23-07-2013	25-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 16	TC	111	100	1,110	382	0,896	342,4
		T3	23-07-2013	25-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 c. der. punto 16	TC	112	100	1,120	383	0,899	344,2
195	1269	T1	31-07-2013	03-07-2013	28	SH300901020	PK 160.0 caja izq. punto 3	TC	112	100	1,120	389	0,899	349,6
		T2	31-07-2013	03-07-2013	28	SH300901020	PK 160.0 caja izq. punto 3	TC	111	100	1,110	389	0,896	348,7
		T3	31-07-2013	03-07-2013	28	SH300901020	PK 160.0 caja izq. punto 3	TC	112	100	1,120	395	0,899	355,0
196	1456	T1	08-08-2013	11-07-2013	28	SH300901020	PK 12 15.0 caja derecha 16	TC	111	100	1,110	398	0,896	356,8
		T2	08-08-2013	11-07-2013	28	SH300901020	PK 12 15.0 caja derecha 16	TC	110	100	1,100	400	0,894	357,6
		T3	08-08-2013	11-07-2013	28	SH300901020	PK 12 15.0 caja derecha 16	TC	112	100	1,120	400	0,899	359,5
197	1457	T1	16-08-2013	19-07-2013	28	SH300901020	PK 1270.0 caja derecha 17	TC	111	100	1,110	395	0,896	354,1
		T2	16-08-2013	19-07-2013	28	SH300901020	PK 1270.0 caja derecha 17	TC	110	100	1,100	396	0,894	354,0
		T3	16-08-2013	19-07-2013	28	SH300901020	PK 1270.0 caja derecha 17	TC	112	100	1,120	398	0,899	357,7
198	1458	T1	20-08-2013	23-07-2013	28	SH300901020	PK 1304.0 caja derecha 17	TC	111	100	1,110	383	0,896	343,3
		T2	20-08-2013	23-07-2013	28	SH300901020	PK 1304.0 caja derecha 17	TC	112	100	1,120	382	0,899	343,3
		T3	20-08-2013	23-07-2013	28	SH300901020	PK 1304.0 caja derecha 17	TC	110	100	1,100	381	0,894	340,6
199	1459	T1	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1345.5 caja derecha 17	TC	112	100	1,120	405	0,899	364,0
		T2	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1345.5 caja derecha 17	TC	112	100	1,120	395	0,899	355,0
		T3	26-08-2013	29-07-2013	28	SH300901020	PK 1345.5 caja derecha 17	TC	111	100	1,110	399	0,896	357,7
200	1460	T1	22-08-2013	25-07-2013	28	SH300901020	PK 1320.0 caja derecha 17	TC	88	74	1,189	391	0,915	357,9
		T2	22-08-2013	25-07-2013	28	SH300901020	PK 1320.0 caja derecha 17	TC	87	74	1,176	396	0,912	361,2
		T3	22-08-2013	25-07-2013	28	SH300901020	PK 1320.0 caja derecha 17	TC	88	74	1,189	385	0,915	352,4
201	1461	T1	01-09-2013	04-08-2013	28	SH300901020	PK 14 10.0 caja derecha 15	TC	82	74	1,108	389	0,896	348,5
		T2	01-09-2013	04-08-2013	28	SH300901020	PK 14 10.0 caja derecha 15	TC	87	74	1,176	403	0,912	367,6
		T3	01-09-2013	04-08-2013	28	SH300901020	PK 14 10.0 caja derecha 15	TC	88	74	1,189	391	0,915	357,9
202	1462	T1	02-09-2013	05-08-2013	28	SH300901020	PK 2094.0 caja derecha 17	TC	90	74	1,216	393	0,922	362,3
		T2	02-09-2013	05-08-2013	28	SH300901020	PK 2094.0 caja derecha 17	TC	92	74	1,243	382	0,928	354,6
		T3	02-09-2013	05-08-2013	28	SH300901020	PK 2094.0 caja derecha 17	TC	92	74	1,243	384	0,928	356,5
203	1613	T1	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1467.0 caja derecha 17	TC	82	74	1,108	388	0,896	347,6
		T2	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1467.0 caja derecha 17	TC	81	74	1,095	386	0,893	344,6
		T3	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1467.0 caja derecha 17	TC	82	74	1,108	396	0,896	354,8
204	1614	T1	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1527.0 caja izquierda 6	TC	91	74	1,230	392	0,925	362,7
		T2	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1527.0 caja izquierda 6	TC	92	74	1,243	400	0,928	371,4
		T3	19-09-2013	22-08-2013	28	SH300901020	PK 1527.0 caja izquierda 6	TC	91	74	1,230	396	0,925	366,4
205	1615	T1	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1590.0 caja izquierda 1	TC	90	74	1,216	399	0,922	367,8
		T2	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1590.0 caja izquierda 1	TC	92	74	1,243	396	0,928	367,6
		T3	29-09-2013	01-09-2013	28	SH300901020	PK 1590.0 caja izquierda 1	TC	91	74	1,230	391	0,925	361,7
206	1616	T1	07-10-2013	09-09-2013	28	SH300901020	PK 1650.0 caja derecha 15	TC	90	74	1,216	401	0,922	369,7
		T2	07-10-2013	09-09-2013	28	SH300901020	PK 1650.0 caja derecha 15	TC	92	74	1,243	407	0,928	377,9
		T3	07-10-2013	09-09-2013	28	SH300901020	PK 1650.0 caja derecha 15	TC	92	74	1,243	400	0,928	371,4
207	1809	T1	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1705.0 caja derecha 15	TC	91	74	1,230	403	0,925	372,8
		T2	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1705.0 caja derecha 15	TC	91	74	1,230	401	0,925	371,0
		T3	15-10-2013	17-09-2013	28	SH300901020	PK 1705.0 caja derecha 15	TC	91	74	1,230	400	0,925	370,1
208	1810	T1	30-10-2013	02-10-2013	28	SH300901020	PK 1760.0 caja derecha 14	TC	110	100	1,100	393	0,894	351,3
		T2	30-10-2013	02-10-2013	28	SH300901020	PK 1760.0 caja derecha 14	TC	111	100	1,110	403	0,896	361,2
		T3	30-10-2013	02-10-2013	28	SH300901020	PK 1760.0 caja derecha 14	TC	109	100	1,090	410	0,892	365,6

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kgf/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
209	1811	T1	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	107	100	1,070	383	0,887	339,6
		T2	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	109	100	1,090	360	0,892	321,0
		T3	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	108	100	1,080	391	0,889	347,7
210	1930	T1	20-11-2013	23-10-2013	28	SH300901020	PK 1885,0 caja izquierda 6	TC	88	67	1,313	401	0,938	376,0
		T2	20-11-2013	23-10-2013	28	SH300901020	PK 1885,0 caja izquierda 6	TC	87	67	1,299	392	0,936	366,8
		T3	20-11-2013	23-10-2013	28	SH300901020	PK 1885,0 caja izquierda 6	TC	88	67	1,313	399	0,938	374,1
211	1931	T1	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	90	67	1,343	394	0,941	370,8
		T2	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	90	67	1,343	400	0,941	376,5
		T3	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	88	67	1,313	383	0,938	359,1
212	1932	T1	21-11-2013	24-10-2013	28	SH300901020	PK 2150,0 caja izquierda 5	TC	89	67	1,328	394	0,939	370,1
		T2	21-11-2013	24-10-2013	28	SH300901020	PK 2150,0 caja izquierda 5	TC	88	67	1,313	399	0,938	374,1
		T3	21-11-2013	24-10-2013	28	SH300901020	PK 2150,0 caja izquierda 5	TC	90	67	1,343	385	0,941	362,4
213	2076	T1	31-12-2013	03-12-2013	28	SH300901020	PK 2200,0 caja izquierda 5	TC	89	67	1,328	395	0,939	371,1
		T2	31-12-2013	03-12-2013	28	SH300901020	PK 2200,0 caja izquierda 5	TC	90	67	1,343	392	0,941	368,9
		T3	31-12-2013	03-12-2013	28	SH300901020	PK 2200,0 caja izquierda 5	TC	91	67	1,358	399	0,943	376,3
214	2204	T1	01-02-2014	04-01-2014	28	SH300901020	PK 2260,0 caja derecha 16	TC	89	67	1,328	391	0,939	367,3
		T2	01-02-2014	04-01-2014	28	SH300901020	PK 2260,0 caja derecha 16	TC	88	67	1,313	387	0,938	362,9
		T3	01-02-2014	04-01-2014	28	SH300901020	PK 2260,0 caja derecha 16	TC	90	67	1,343	398	0,941	374,6
215	2305	T1	03-03-2014	03-02-2014	28	SH300901020	PK 2320,0 caja derecha 16	TC	91	67	1,358	395	0,943	372,5
		T2	03-03-2014	03-02-2014	28	SH300901020	PK 2320,0 caja derecha 16	TC	89	67	1,328	399	0,939	374,8
		T3	03-03-2014	03-02-2014	28	SH300901020	PK 2320,0 caja derecha 16	TC	91	67	1,358	396	0,943	373,4
216	2408	T1	24-03-2014	24-02-2014	28	SH300901020	PK 2377,0 caja derecha 16	TC	113	107	1,056	347	0,883	306,6
		T2	24-03-2014	24-02-2014	28	SH300901020	PK 2377,0 caja derecha 16	TC	112	107	1,047	358	0,881	315,5
		T3	24-03-2014	24-02-2014	28	SH300901020	PK 2377,0 caja derecha 16	TC	119	107	1,112	357	0,897	320,2
217	2409	T1	04-04-2014	07-03-2014	28	SH300901020	PK 2400,0 caja derecha 16	TC	108	100	1,080	398	0,889	353,9
		T2	04-04-2014	07-03-2014	28	SH300901020	PK 2400,0 caja derecha 16	TC	107	100	1,070	402	0,887	356,5
		T3	04-04-2014	07-03-2014	28	SH300901020	PK 2400,0 caja derecha 16	TC	105	100	1,050	392	0,882	345,7
218	2562	T1	18-04-2014	21-03-2014	28	SH300901020	PK 2460,0 caja derecha 16	TC	70	67	1,045	319	0,881	281,0
		T2	18-04-2014	21-03-2014	28	SH300901020	PK 2460,0 caja derecha 16	TC	71	67	1,060	330	0,884	291,8
		T3	18-04-2014	21-03-2014	28	SH300901020	PK 2460,0 caja derecha 16	TC	72	67	1,075	317	0,888	281,5
219	2674	T1	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515,0 caja derecha 15	TC	113	100	1,130	423	0,901	381,2
		T2	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515,0 caja derecha 15	TC	110	100	1,100	398	0,894	355,8
		T3	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515,0 caja derecha 15	TC	108	100	1,080	403	0,889	358,3
220	2867	T1	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2570,0 caja derecha 13	TC	73	67	1,090	394	0,891	351,2
		T2	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2570,0 caja derecha 13	TC	70	67	1,045	400	0,881	352,3
		T3	22-06-2014	25-05-2014	28	SH300901020	PK 2570,0 caja derecha 13	TC	68	67	1,015	407	0,874	355,5
221	3036	T1	25-07-2014	27-06-2014	28	SH300901020	PK 2630,0 caja derecha 14	TC	90	67	1,343	302	0,941	284,2
		T2	25-07-2014	27-06-2014	28	SH300901020	PK 2630,0 caja derecha 14	TC	90	67	1,343	319	0,941	300,2
		T3	25-07-2014	27-06-2014	28	SH300901020	PK 2630,0 caja derecha 14	TC	90	67	1,343	305	0,941	287,1
222	3037	T1	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650,0 caja derecha 15	TC	71	67	1,060	381	0,884	336,9
		T2	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650,0 caja derecha 15	TC	69	67	1,030	383	0,877	336,0
		T3	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650,0 caja derecha 15	TC	70	67	1,045	399	0,881	351,4
223	3038	T1	20-07-2014	22-06-2014	28	SH300901020	PK 2847,0 caja izquierda 6	TC	109	100	1,090	370	0,892	329,9
		T2	20-07-2014	22-06-2014	28	SH300901020	PK 2847,0 caja izquierda 6	TC	111	100	1,110	375	0,896	336,2
		T3	20-07-2014	22-06-2014	28	SH300901020	PK 2847,0 caja izquierda 6	TC	107	100	1,070	379	0,887	336,1
224	2863	T1	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462,0 c. d. 16 C. n2 a TC	TC Conexión	70	67	1,045	391	0,881	344,4
		T2	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462,0 c. d. 16 C. n2 a TC	TC Conexión	69	67	1,030	396	0,877	347,4
		T3	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462,0 c. d. 16 C. n2 a TC	TC Conexión	72	67	1,075	386	0,888	342,7

SH300	G25	250	Control Fechas			Identificación del Producto			Datos del festigo					
N° Muestra	N° Informe	N° Testigo	Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura [mm]	Diámetro [mm]	Esbeltez	Rc (Kg/cm ²)	Factor esbeltez	Resist. Testigo esbeltez 2
225	3203	T1	16-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2600,0 caja derecha 12	P4600	72	67	1,075	400	0,888	355,2
		T2	16-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2600,0 caja derecha 12	P4600	69	67	1,030	392	0,877	343,8
		T3	16-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2600,0 caja derecha 12	P4600	71	67	1,060	385	0,884	340,5
226	3204	T1	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2658,0 caja derecha 16	P4600	109	100	1,090	373	0,892	332,6
		T2	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2658,0 caja derecha 16	P4600	111	100	1,110	367	0,896	329,0
		T3	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2658,0 caja derecha 16	P4600	108	100	1,080	359	0,889	319,2
227	3205	T1	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878,0 caja derecha 15	TC	107	100	1,070	376	0,887	333,4
		T2	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878,0 caja derecha 15	TC	107	100	1,070	386	0,887	342,3
		T3	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878,0 caja derecha 15	TC	109	100	1,090	383	0,892	341,5
228	3206	T1	02-09-2014	05-08-2014	28	SH300901020	PK 2703,0 caja derecha 16	TC	106	100	1,060	367	0,884	324,6
		T2	02-09-2014	05-08-2014	28	SH300901020	PK 2703,0 caja derecha 16	TC	109	100	1,090	374	0,892	333,5
		T3	02-09-2014	05-08-2014	28	SH300901020	PK 2703,0 caja derecha 16	TC	108	100	1,080	379	0,889	337,0
229	3207	T1	12-08-2014	15-07-2014	28	SH300901020	PK 2898,0 caja derecha 13	TAP	107	100	1,070	401	0,887	355,6
		T2	12-08-2014	15-07-2014	28	SH300901020	PK 2898,0 caja derecha 13	TAP	108	100	1,080	403	0,889	358,3
		T3	12-08-2014	15-07-2014	28	SH300901020	PK 2898,0 caja derecha 13	TAP	107	100	1,070	405	0,887	359,2
230	3208	T1	14-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2800,0 caja izquierda 2	TAP	73	67	1,090	389	0,891	346,8
		T2	14-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2800,0 caja izquierda 2	TAP	72	67	1,075	392	0,888	348,1
		T3	14-08-2014	17-07-2014	28	SH300901020	PK 2800,0 caja izquierda 2	TAP	68	67	1,015	375	0,874	327,6
231	3209	T1	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2960,0 caja izquierda 5	TAP	110	100	1,100	363	0,894	324,5
		T2	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2960,0 caja izquierda 5	TAP	107	100	1,070	367	0,887	325,5
		T3	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2960,0 caja izquierda 5	TAP	108	100	1,080	374	0,889	332,6
232	3368	T1	18-09-2014	21-08-2014	28	SH300901020	PK 2696,0 caja derecha 16	P4600	110	100	1,100	382	0,894	341,5
		T2	18-09-2014	21-08-2014	28	SH300901020	PK 2696,0 caja derecha 16	P4600	108	100	1,080	374	0,889	332,6
		T3	18-09-2014	21-08-2014	28	SH300901020	PK 2696,0 caja derecha 16	P4600	113	100	1,130	368	0,901	331,6
233	3369	T1	12-09-2014	15-08-2014	28	SH300901020	PK 2780,0 caja derecha 15	TC	110	100	1,100	382	0,894	341,5
		T2	12-09-2014	15-08-2014	28	SH300901020	PK 2780,0 caja derecha 15	TC	107	100	1,070	386	0,887	342,3
		T3	12-09-2014	15-08-2014	28	SH300901020	PK 2780,0 caja derecha 15	TC	111	100	1,110	396	0,896	355,0
234	3370	T1	04-10-2014	06-09-2014	28	SH300901020	PK 2940,0 caja derecha 14	TC	108	100	1,080	359	0,889	319,2
		T2	04-10-2014	06-09-2014	28	SH300901020	PK 2940,0 caja derecha 14	TC	109	100	1,090	356	0,892	317,4
		T3	04-10-2014	06-09-2014	28	SH300901020	PK 2940,0 caja derecha 14	TC	110	100	1,100	369	0,894	329,9
235	3371	T1	31-08-2014	28-09-2014	28	SH300901020	PK 3031,5 caja derecha 14	TAP	72	67	1,075	379	0,888	336,5
		T2	31-08-2014	28-09-2014	28	SH300901020	PK 3031,5 caja derecha 14	TAP	71	67	1,060	384	0,884	339,6
		T3	31-08-2014	28-09-2014	28	SH300901020	PK 3031,5 caja derecha 14	TAP	69	67	1,030	373	0,877	327,2
236	3524	T1	13-10-2014	15-09-2014	28	SH300901020	PK 20,0 c. der. 6 (conex TAP)	P4600- TAP	109	100	1,090	395	0,892	352,2
		T2	13-10-2014	15-09-2014	28	SH300901020	PK 20,0 c. der. 6 (conex TAP)	P4600- TAP	111	100	1,110	401	0,896	359,5
		T3	13-10-2014	15-09-2014	28	SH300901020	PK 20,0 c. der. 6 (conex TAP)	P4600- TAP	107	100	1,070	394	0,887	349,4
237	3525	T1	25-10-2014	27-09-2014	28	SH300901020	PK 2717,0 caja derecha 15	P4600	109	100	1,090	388	0,892	345,9
		T2	25-10-2014	27-09-2014	28	SH300901020	PK 2717,0 caja derecha 15	P4600	115	100	1,150	398	0,906	360,6
		T3	25-10-2014	27-09-2014	28	SH300901020	PK 2717,0 caja derecha 15	P4600	112	100	1,120	385	0,899	346,0
238	3526	T1	23-10-2014	25-09-2014	28	SH300901020	PK 3000,0 caja derecha 15	TC	108	100	1,080	366	0,889	325,4
		T2	23-10-2014	25-09-2014	28	SH300901020	PK 3000,0 caja derecha 15	TC	107	100	1,070	369	0,887	327,2
		T3	23-10-2014	25-09-2014	28	SH300901020	PK 3000,0 caja derecha 15	TC	110	100	1,100	368	0,894	329,0
239	3527	T1	14-10-2014	16-09-2014	28	SH300901020	PK 3086,0 caja izquierda 5	TAP	72	67	1,075	368	0,888	326,8
		T2	14-10-2014	16-09-2014	28	SH300901020	PK 3086,0 caja izquierda 5	TAP	70	67	1,045	360	0,881	317,1
		T3	14-10-2014	16-09-2014	28	SH300901020	PK 3086,0 caja izquierda 5	TAP	71	67	1,060	364	0,884	321,9
240	3660	T1	04-11-2014	07-10-2014	28	SH300901020	PK 3060,0, punto 12	TC	109	100	1,090	370	0,892	329,9
		T2	04-11-2014	07-10-2014	28	SH300901020	PK 3060,0, punto 12	TC	107	100	1,070	376	0,887	333,4
		T3	04-11-2014	07-10-2014	28	SH300901020	PK 3060,0, punto 12	TC	112	100	1,120	369	0,899	331,7

ANEXO B

Evaluación según criterios

Para evaluar las resistencias de los testigos de hormigón, se ocuparon los diferentes criterios utilizados en distintos países tales como en Austria, Noruega y EEUU, para comparar los resultados de aprobación o rechazo de los testigos con los utilizados actualmente en Chile.

En resumen, los criterios utilizados para las evaluaciones están dados en la siguiente tabla:

TABLA RESUMEN DE LOS CRITERIOS CONSIDERADOS		
País de aplicación	R_i	R_p
Chile	$R_i \geq 0,75 f_c$	$R_p \geq 0,85 f_c$
Austria (5 muestras)	$R_i \geq f_c - 40$	$R_p \geq f_c + 20$
Austria (15 muestras)	$R_i \geq f_c - 40$	$R_p \geq f_c + 1,48 \sigma$
Austria (total de m.)	$R_i \geq f_c - 40$	$R_p \geq f_c + 1,48 \sigma$
Noruega (autocontrol)	$R_i \geq f_c - 50$	$R_p \geq f_c + 20$
Noruega (prod. de h°)	$R_i \geq f_c - 50$	$R_p \geq f_c + 50$
EEUU	$R_i \geq f_c - 35$	$R_p \geq f_c$

En que:

- f_c = resistencia característica;
- R_i = resistencia inferior de testigos;
- R_p = resistencia promedio de testigos;
- σ = desviación estándar de la muestra (15 o más);

A continuación se detalla la evaluación realizada según los diferentes criterios

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		σ (18m)	Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318		
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c		R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35	
			187,5	212,5		210	329	210	270	200	270	200	300	200	300	250	215	
1	428,4	471,4	CUMPLE	CUMPLE	45,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
2	421,4	451,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	406,0	439,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
4	405,0	417,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	368,3	492,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	378,0	396,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
7	429,0	443,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
8	316,1	331,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
9	444,0	471,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
10	335,0	369,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
11	468,0	485,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
12	352,5	418,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
13	437,0	479,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
14	396,0	422,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
15	445,6	449,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
16	404,4	425,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
17	379,5	417,2	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
18	355,0	363,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
19	357,9	377,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
20	365,7	402,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
21	301,7	306,2	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
22	289,8	301,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
23	313,6	315,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
24	296,1	299,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
25	316,3	338,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
26	272,1	311,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
27	315,4	322,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
28	355,8	356,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
29	351,3	354,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
30	351,3	354,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
31	334,4	337,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
32	339,7	339,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
33	342,4	343,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
34	357,7	358,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
35	346,0	347,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
36	353,2	355,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
37	251,9	321,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
38	354,6	358,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
39	356,8	363,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
40	359,9	366,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
41	362,3	368,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
42	368,8	372,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
43	374,1	377,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
44	365,9	370,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
45	357,2	362,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318			
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c	σ (15m)	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48·σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48·σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35	
			187,5	212,5	210	329	210	329	210	270	200	270	200	300	200	300	250	215
46	283,8	288,6	CUMPLE	CUMPLE	27,4	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
47	356,0	361,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
48	363,5	365,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
49	324,1	329,2	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
50	322,5	326,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
51	348,2	353,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
52	358,9	364,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
53	369,4	371,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
54	372,5	375,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
55	395,3	401,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
56	359,5	360,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
57	345,9	352,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
58	336,1	345,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
59	312,2	321,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
60	319,2	329,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
61	311,9	315,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
62	339,6	349,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
63	342,2	350,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
64	335,6	342,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
65	360,4	361,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
66	296,0	359,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
67	337,0	343,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
68	392,8	438,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
69	413,6	479,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
70	395,0	461,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
71	530,6	556,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
72	357,0	373,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
73	513,0	518,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
74	352,3	362,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
75	357,0	394,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
76	573,5	587,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
77	358,3	433,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
78	551,0	599,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
79	580,3	627,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
80	425,9	456,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
81	469,0	494,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
82	569,0	633,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
83	353,3	364,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
84	356,3	360,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
85	319,4	324,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
86	302,9	307,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
87	358,8	363,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
88	297,0	308,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
89	326,7	350,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
90	281,1	284,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		σ (18m)	Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318		
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c		R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35	
			187,5	212,5		210	329	210	270	200	270	200	300	200	300	250	215	
91	344,2	348,1	CUMPLE	CUMPLE	23,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
92	341,5	342,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
93	329,7	345,5	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
94	354,0	358,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
95	354,1	357,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
96	361,2	361,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
97	341,5	342,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
98	366,7	369,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
99	357,6	361,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
100	363,2	365,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
101	277,0	279,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
102	370,8	373,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
103	368,9	372,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
104	340,7	344,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
105	367,5	374,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
106	360,5	364,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
107	365,2	368,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
108	360,5	365,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
109	352,8	358,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
110	254,6	316,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
111	314,8	321,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
112	329,0	334,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
113	325,4	336,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
114	322,8	331,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
115	412,0	436,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
116	436,0	475,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
117	409,0	474,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
118	279,3	290,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
119	269,0	302,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
120	334,1	341,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
121	292,7	299,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
122	301,9	304,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
123	350,5	354,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
124	327,2	330,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
125	342,4	346,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
126	353,2	358,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
127	354,1	357,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
128	356,6	357,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
129	327,0	337,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
130	343,3	345,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
131	342,4	346,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
132	341,5	347,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
133	345,1	349,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
134	347,8	349,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
135	342,4	343,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		σ (18m)	Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318		
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c		R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48·σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48·σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35	
			187,5	212,5		210	329	210	270	200	270	200	300	200	300	250	215	
136	356,8	358,3	CUMPLE	CUMPLE	8,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
137	341,5	342,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
138	346,9	348,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
139	341,5	342,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
140	353,2	356,2	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
141	359,5	359,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
142	355,9	357,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
143	357,7	358,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
144	355,8	357,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
145	342,4	345,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
146	355,2	362,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
147	354,3	360,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
148	356,1	364,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
149	357,7	363,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
150	369,1	370,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
151	365,4	370,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
152	368,2	370,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
153	350,3	353,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
154	367,6	369,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
155	362,9	365,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
156	328,6	333,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
157	369,7	373,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
158	361,2	365,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
159	346,9	351,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
160	369,7	372,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
161	369,9	375,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
162	243,5	313,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
163	383,8	393,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
164	311,0	314,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
165	270,8	277,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
166	322,8	337,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
167	342,6	352,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
168	336,5	341,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
169	347,8	351,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
170	359,5	366,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
171	347,5	351,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
172	434,9	466,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
173	356,1	360,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
174	357,9	360,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
175	422,8	439,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
176	349,4	379,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
177	304,1	313,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
178	381,9	418,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
179	318,3	326,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
180	318,4	332,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		σ (18m)	Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318		
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c		R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35	
			187,5	212,5		210	329	210	270	200	270	200	300	250	315	250	215	
181	294,9	311,1	CUMPLE	CUMPLE	13,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
182	358,3	374,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
183	360,3	362,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
184	354,0	356,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
185	357,7	358,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
186	345,1	349,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
187	350,4	352,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
188	346,0	348,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
189	346,0	348,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
190	342,4	343,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
191	342,4	342,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
192	352,3	354,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
193	352,2	353,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
194	342,4	343,6	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
195	348,7	351,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
196	356,8	358,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
197	354,0	355,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
198	340,6	342,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
199	355,0	358,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
200	352,4	357,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
201	348,5	358,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
202	354,6	357,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
203	344,6	349,0	CUMPLE	CUMPLE	10,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
204	362,7	366,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
205	361,7	365,7	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
206	369,7	373,0	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
207	370,1	371,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
208	351,3	359,4	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
209	321,0	336,1	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
210	366,8	372,3	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
211	359,1	368,8	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
212	362,4	368,9	CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
213	368,9	372,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
214	362,9	368,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
215	372,5	373,6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
216	306,6	314,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
217	345,7	352,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
218	281,0	284,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
219	355,8	365,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
220	351,2	353,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
221	284,2	290,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
222	336,0	341,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
223	329,9	334,0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
224	342,7	344,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
225	340,5	346,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	

N° muestra	MÍN. R _i	PROM. R _p	Evaluación NCh1171/2		Evaluación norma austriaca para 15 muestras		Evaluación norma austriaca para el total de muestras		Evaluación norma austriaca para 5 muestras		Evaluación norma noruega para autocontrol		Evaluación norma noruega para el productor		Evaluación del nivel de resistencia AC318		
			R _i ≥ 0,75 f _c	R _p ≥ 0,85 f _c	σ (15m)	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 1,48 · σ	R _i ≥ f _c - 40	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 20	R _i ≥ f _c - 50	R _p ≥ f _c + 50	R _p ≥ f _c	R _i ≥ f _c - 35
			187,5	212,5	210	329	210	329	210	270	200	270	200	300	250	215	
226	319,2	326,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
227	333,4	339,1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
228	324,6	331,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
229	355,6	357,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
230	327,6	340,8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
231	324,5	327,5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
232	331,6	335,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
233	341,5	346,3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
234	317,4	322,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
235	327,2	334,4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
236	349,4	353,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
237	345,9	350,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
238	325,4	327,2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
239	317,1	321,9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
240	329,9	331,7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Desv. St.															
		Total															
		88,90															

ANEXO C

Datos para correlación entre resistencia potencial y resistencia real

Con el objeto de conocer la correlación entre la resistencia potencial y real, se han apartado los resultados de resistencia a la compresión de muestras de hormigón destinadas a ensayos de probetas estandarizadas curadas en laboratorio.

El criterio utilizado para encontrar las muestras de hormigón con el mismo hormigón del cual posteriormente se extrajo los testigos fue, primero, considerar la fecha de muestreo del hormigón fresco y la fecha de confección del elemento del cual se extrajeron testigos a la postre, es decir, que la fecha de proyección y la de muestreo sean las mismas. Posteriormente, se seleccionaron las que coincidían en el sector de ejecución y aplicación respectivamente. Finalmente, solo se seleccionaron aquellas en donde el lugar era exactamente el mismo, o bien, un lugar próximo.

PROBETAS ENSAYADAS Y CURADAS EN LABORATORIO												
Nº Informe	Nº Guía	Control Fechas			Identificación del Producto			Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ²)	Cilindro esbeltez 2	R _{p1}
		Muestreo	Ensayo	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector					
3730	6511710	13-02-2015	13-03-2015	28	SH300901020	PK 3320.0	TAP	11,2	10,0	409	368	379
3730	6511710	13-02-2015	13-03-2015	28	SH300901020	PK 3320.0	TAP	10,9	10,0	435	388	
3730	6511710	13-02-2015	13-03-2015	28	SH300901020	PK 3320.0	TAP	11,1	10,0	426	382	
2667	6182557	19-04-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2533.0	TAP	10,9	10,0	325	290	291
2667	6182557	19-04-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2533.0	TAP	11,1	10,0	337	302	
2667	6182557	19-04-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2533.0	TAP	10,8	10,0	317	282	
2669	6183364	09-05-2014	06-06-2014	28	SH300901020	PK 2571.0	TAP	11,5	10,0	389	352	348
2669	6183364	09-05-2014	06-06-2014	28	SH300901020	PK 2571.0	TAP	10,8	10,0	394	350	
2669	6183364	09-05-2014	06-06-2014	28	SH300901020	PK 2571.0	TAP	11,2	10,0	380	342	
3029	6290386	14-06-2014	12-07-2014	28	SH300901020	PK 2694.2	TAP	10,9	10,0	356	317	323
3029	6290386	14-06-2014	12-07-2014	28	SH300901020	PK 2694.2	TAP	10,7	10,0	370	328	
3029	6290386	14-06-2014	12-07-2014	28	SH300901020	PK 2694.2	TAP	10,8	10,0	363	323	
399	5664080	25-01-2013	22-02-2013	28	SH300901020	PK 470.0	TAP	13,4	9,2	411	392	401
399	5664080	25-01-2013	22-02-2013	28	SH300901020	PK 470.0	TAP	12,6	9,2	428	404	
399	5664080	25-01-2013	22-02-2013	28	SH300901020	PK 470.0	TAP	13,6	9,2	425	407	
400	5664188	01-02-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 85,50 repaso	TAP	10,7	10,0	368	326	328
400	5664188	01-02-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 85,50 repaso	TAP	10,6	10,0	352	311	
400	5664188	01-02-2013	01-03-2013	28	SH300901020	PK 85,50 repaso	TAP	10,7	10,0	391	347	
798	5679403	16-02-2013	16-03-2013	28	SH300901020	PK 576,0 primera capa	TAP	11,1	10,0	414	371	370
798	5679403	16-02-2013	16-03-2013	28	SH300901020	PK 576,0 primera capa	TAP	11,2	10,0	412	370	
798	5679403	16-02-2013	16-03-2013	28	SH300901020	PK 576,0 primera capa	TAP	11,1	10,0	412	369	
683	5737771	09-03-2013	06-04-2013	28	SH300901020	PK 648,6 repaso	TAP	12,8	10,0	390	364	367
683	5737771	09-03-2013	06-04-2013	28	SH300901020	PK 648,6 repaso	TAP	12,4	10,0	398	369	
683	5737771	09-03-2013	06-04-2013	28	SH300901020	PK 648,6 repaso	TAP	12,1	10,0	399	367	
810	5785764	10-04-2013	08-05-2013	28	SH300901020	PK 837,0 primera capa	TAP	11,1	10,0	416	373	371
810	5785764	10-04-2013	08-05-2013	28	SH300901020	PK 837,0 primera capa	TAP	10,9	10,0	422	376	
810	5785764	10-04-2013	08-05-2013	28	SH300901020	PK 837,0 primera capa	TAP	11,0	10,0	406	363	
968	5786107	02-05-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 790,9	TAP	10,9	10,0	389	347	349
968	5786107	02-05-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 790,9	TAP	11,1	10,0	393	352	
968	5786107	02-05-2013	30-05-2013	28	SH300901020	PK 790,9	TAP	11,1	10,0	387	347	

TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO												
Nº Informe	Nº Testigo	Control Fechas			Identificación del Producto			Caract. del Testigo			Cilindro esbeltez 2	R _{p2}
		Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ²)		
3732	T1	13-03-2015	13-02-2015	28	SH300901020	PK 3320.0 caja izquierda 5	TAP	11,6	10,0	363	330	330
3732	T2	13-03-2015	13-02-2015	28	SH300901020	PK 3320.0 caja izquierda 5	TAP	11,4	10,0	359	324	
3732	T3	13-03-2015	13-02-2015	28	SH300901020	PK 3320.0 caja izquierda 5	TAP	11,4	10,0	372	336	
2675	T1	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 5	TAP	6,8	6,7	318	278	278
2675	T2	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 5	TAP	6,8	6,7	325	284	
2675	T3	17-05-2014	19-04-2014	28	SH300901020	PK 2535,0 caja izquierda 5	TAP	6,8	6,7	310	271	
2676	T1	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	10,6	10,0	365	323	337
2676	T2	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	11,2	10,0	383	344	
2676	T3	06-06-2014	09-05-2014	28	SH300901020	PK 2580,0 caja izquierda 5	TAP	10,9	10,0	387	345	
3039	T1	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2840,0 caja derecha 16, aguas arriba punto 4	TAP	7,0	6,7	398	351	341
3039	T2	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2840,0 caja derecha 16, aguas arriba punto 4	TAP	6,9	6,7	384	337	
3039	T3	12-07-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2840,0 caja derecha 16, aguas arriba punto 4	TAP	7,2	6,7	379	337	
416	T1	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 2310 ubicación pto N°7	TAP	6,7	5,4	316	293	290
416	T2	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 2310 ubicación pto N°7	TAP	6,7	5,4	301	279	
416	T3	15-12-2012	25-01-2013	72	SH300901020	PK 2310 ubicación pto N°7	TAP	10,0	5,4	301	297	
419	T1	04-01-2013	01-02-2013	28	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°17	TAP	7,8	5,4	307	293	299
419	T2	04-01-2013	01-02-2013	28	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°17	TAP	8,4	5,4	306	295	
419	T2	04-01-2013	01-02-2013	27	SH300901020	PK 418,5 ubicación pto N°16	TAP	8,0	5,4	323	309	
685	T1	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	11,6	10,0	393	357	354
685	T2	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	11,2	10,0	390	351	
685	T3	02-03-2012	16-02-2013	28	SH300901020	PK 575,0 ubicación pto N°5	TAP	11,4	10,0	393	355	
811	T1	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	11,3	10,0	390	351	347
811	T2	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	10,8	10,0	389	346	
811	T3	20-03-2013	09-03-2013	28	SH300901020	PK 690,0 caja izquierda pto 5	TAP	11,2	10,0	381	342	
814	T1	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	11,0	10,0	401	358	358
814	T2	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	10,9	10,0	400	357	
814	T3	14-04-2013	10-04-2013	28	SH300901020	PK 837,0 caja izquierda pto 3	TAP	11,0	10,0	400	358	
977	T1	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izquierda punto 3	TAP	11,1	10,0	383	343	346
977	T2	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izquierda punto 3	TAP	11,0	10,0	395	353	
977	T3	11-05-2013	02-05-2013	28	SH300901020	PK 956,0 caja izquierda punto 3	TAP	10,9	10,0	384	342	

PROBETAS ENSAYADAS Y CURADAS EN LABORATORIO

Nº Informe	Nº Guía	Control Fechas			Identificación del Producto			Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ³)	Cilindro esbeltez 2	R _{p1}
		Muestreo	Ensayo	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector					
1605	5932423	14-08-2013	11-09-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 frente	TAP	9,2	10,0	406	353	353
1605	5932423	14-08-2013	11-09-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 frente	TAP	9,2	10,0	401	348	
1605	5932423	14-08-2013	11-09-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 frente	TAP	9,2	10,0	410	357	
1799	5931381	04-10-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2 147.2	TAP	10,8	10,0	391	348	354
1799	5931381	04-10-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2 147.2	TAP	11,0	10,0	400	358	
1799	5931381	04-10-2013	01-11-2013	28	SH300901020	PK 2 147.2	TAP	11,0	10,0	399	357	
729.348-75	5448070	09-09-2012	07-10-2012	28	SH300901020	PK 22.3	TAP	10,8	10,4	404	355	365
729.348-75	5448070	09-09-2012	07-10-2012	28	SH300901020	PK 22.3	TAP	10,6	10,4	439	384	
729.348-75	5448070	09-09-2012	07-10-2012	28	SH300901020	PK 22.3	TAP	10,7	10,4	407	357	

TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO

Nº Informe	Nº Testigo	Control Fechas			Identificación del Producto			Caract. del Testigo				
		Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ³)	Cilindro esbeltez 2	R _{p2}
1621	T1	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 caja izquierda 6	TAP	9,0	7,4	388	358	364
1621	T2	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 caja izquierda 6	TAP	9,1	7,4	393	364	
1621	T3	11-09-2013	14-08-2013	28	SH300901020	PK 1673.0 caja izquierda 6	TAP	9,2	7,4	399	370	
2054	T1	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022.0 caja izquierda 5	TAP	8,7	7,4	369	337	333
2054	T2	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022.0 caja izquierda 5	TAP	8,8	7,4	365	334	
2054	T3	01-11-2013	04-10-2013	28	SH300901020	PK 2022.0 caja izquierda 5	TAP	8,8	7,4	359	329	
794.691	T1	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	20,3	5,3	556	556	475
794.691	T2	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	12,8	5,3	459	459	
794.691	T3	08-10-2012	09-09-2012	29	SH300901020	PK 4	TAP	22,7	5,3	409	409	

TC

2666	6182630	23-04-2014	21-05-2014	28	SH300901020	PK 2515,5 primera capa	TC	10,8	10,0	358	318	320
2666	6182630	23-04-2014	21-05-2014	28	SH300901020	PK 2515,5 primera capa	TC	10,7	10,0	351	311	
2666	6182630	23-04-2014	21-05-2014	28	SH300901020	PK 2515,5 primera capa	TC	10,9	10,0	369	329	
2858	6183485	17-05-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2593.0 (frente)	TC	10,9	10,0	395	352	357
2858	6183485	17-05-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2593.0 (frente)	TC	11,1	10,0	402	360	
2858	6183485	17-05-2014	14-06-2014	28	SH300901020	PK 2593.0 (frente)	TC	10,7	10,0	405	359	
3028	6291241	10-07-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2650.0	TC	10,8	10,0	360	320	327
3028	6291241	10-07-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2650.0	TC	10,7	10,0	374	332	
3028	6291241	10-07-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2650.0	TC	11,0	10,0	368	329	
3195	6383294	07-08-2014	03-09-2014	28	SH300901020	PK 2700.0	TC	10,7	10,0	400	355	355
3195	6383294	07-08-2014	03-09-2014	28	SH300901020	PK 2700.0	TC	10,9	10,0	395	352	
3195	6383294	07-08-2014	03-09-2014	28	SH300901020	PK 2700.0	TC	10,9	10,0	400	357	
3654	6453389	22-10-2014	19-11-2014	28	SH300901020	PK 3 122.0	TC	10,9	10,0	376	335	348
3654	6453389	22-10-2014	19-11-2014	28	SH300901020	PK 3 122.0	TC	11,0	10,0	401	358	
3654	6453389	22-10-2014	19-11-2014	28	SH300901020	PK 3 122.0	TC	10,9	10,0	392	350	
965	5846805	12-05-2013	09-06-2013	28	SH300901020	PK 842.0	TC	11,0	10,0	382	342	347
965	5846805	12-05-2013	09-06-2013	28	SH300901020	PK 842.0	TC	10,9	10,0	389	347	
965	5846805	12-05-2013	09-06-2013	28	SH300901020	PK 842.0	TC	11,1	10,0	392	351	
1253	5888452	16-06-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 20.31 Conexión	TC	11,1	10,0	396	355	356
1253	5888452	16-06-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 20.31 Conexión	TC	11,2	10,0	399	359	
1253	5888452	16-06-2013	14-07-2013	28	SH300901020	PK 20.31 Conexión	TC	11,2	10,0	394	354	

2674	T1	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515.0 caja derecha 15	TC	11,3	10,0	423	381	365
2674	T2	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515.0 caja derecha 15	TC	11,0	10,0	398	356	
2674	T3	21-05-2014	23-04-2014	28	SH300901020	PK 2515.0 caja derecha 15	TC	10,8	10,0	403	358	
2863	T1	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462.0 caja derecha 16 Conexión NPS a Trasl. Conex.	TC Conexi	7,0	6,7	391	344	345
2863	T2	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462.0 caja derecha 16 Conexión NPS a Trasl. Conex.	TC Conexi	6,9	6,7	396	347	
2863	T3	14-06-2014	17-05-2014	28	SH300901020	PK 2462.0 caja derecha 16 Conexión NPS a Trasl. Conex.	TC Conexi	7,2	6,7	386	343	
3037	T1	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650.0 caja derecha 15	TC	7,1	6,7	381	337	341
3037	T2	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650.0 caja derecha 15	TC	6,9	6,7	383	336	
3037	T3	07-08-2014	10-07-2014	28	SH300901020	PK 2650.0 caja derecha 15	TC	7,0	6,7	399	351	
3205	T1	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878.0 caja derecha 15	TC	10,7	10,0	376	333	339
3205	T2	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878.0 caja derecha 15	TC	10,7	10,0	386	342	
3205	T3	04-09-2014	07-08-2014	28	SH300901020	PK 2878.0 caja derecha 15	TC	10,9	10,0	383	341	
3662	T1	19-11-2014	22-10-2014	28	SH300901020	PK 3 120.0 punto 14	TC	10,7	10,0	405	359	365
3662	T2	19-11-2014	22-10-2014	28	SH300901020	PK 3 120.0 punto 14	TC	10,9	10,0	409	365	
3662	T3	19-11-2014	22-10-2014	28	SH300901020	PK 3 120.0 punto 14	TC	10,7	10,0	418	371	
982	T1	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841.0 caja derecha punto 16	TC	11,1	10,0	386	346	348
982	T2	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841.0 caja derecha punto 16	TC	11,0	10,0	389	348	
982	T3	19-05-2013	12-05-2013	28	SH300901020	PK 841.0 caja derecha punto 16	TC	11,0	10,0	392	350	
1267	T1	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 caja derecha punto 17	TC	11,0	10,0	394	352	353
1267	T2	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 caja derecha punto 17	TC	10,9	10,0	395	352	
1267	T3	14-07-2013	16-06-2013	28	SH300901020	PK 1053.0 caja derecha punto 17	TC	11,2	10,0	395	355	

PROBETAS ENSAYADAS Y CURADAS EN LABORATORIO												
Nº Informe	Nº Guía	Control Fechas			Identificación del Producto			Altura (cm)	Ø (cm)	Rc (Kg/f/c m ³)	Cilindro esbeltez 2	R _{p1}
		Muestreo	Ensayo	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector					
1796	5931527	11-10-2013	08-11-2013	28	SH300901020	PK 1917,0 primera capa, frente	TC	11,0	10,0	423	378	370
1796	5931527	11-10-2013	08-11-2013	28	SH300901020	PK 1917,0 primera capa, frente	TC	11,0	10,0	406	363	
1796	5931527	11-10-2013	08-11-2013	28	SH300901020	PK 1917,0 primera capa, frente	TC	11,1	10,0	412	369	
2064	5932045	10-11-2013	08-12-2013	28	SH300901020	PK 2175,0	TC	11,0	10,0	406	363	358
2064	5932045	10-11-2013	08-12-2013	28	SH300901020	PK 2175,0	TC	10,8	10,0	396	352	
2064	5932045	10-11-2013	08-12-2013	28	SH300901020	PK 2175,0	TC	11,1	10,0	400	359	

TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO													
Nº Informe	Nº Testigo	Control Fechas			Identificación del Producto			Caract. del Testigo			Cilindro esbeltez 2	R _{p2}	
		Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura (cm)	Ø (cm)	Rc (Kg/f/c m ³)			
1811	T1	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	10,7	10,0	383	340	336	
1811	T2	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	10,9	10,0	360	321		
1811	T3	08-11-2013	11-10-2013	28	SH300901020	PK 1820,0 caja izquierda 5	TC	10,8	10,0	391	348		
1931	T1	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	9,0	6,7	394	371	369	
1931	T2	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	9,0	6,7	400	376		
1931	T3	08-12-2013	10-11-2013	28	SH300901020	PK 1945,0 caja izquierda 6	TC	8,8	6,7	383	359		

P500

379	5664120	28-01-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 1646,40	P500	10,7	9,3	388	352	348
379	5664120	28-01-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 1646,40	P500	11,0	9,3	381	348	
379	5664120	28-01-2013	25-02-2013	28	SH300901020	PK 1646,40	P500	11,1	9,3	375	344	
376	5664052	23-01-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1620,20	P500	10,5	9,8	233	207	233
376	5664052	23-01-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1620,20	P500	13,3	9,8	246	232	
376	5664052	23-01-2013	20-02-2013	28	SH300901020	PK 1620,20	P500	12,7	9,8	277	259	
972	5786169	05-05-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 20,3 repaso túnel conexión	P500	11,0	10,0	376	336	335
972	5786169	05-05-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 20,3 repaso túnel conexión	P500	11,0	10,0	370	331	
972	5786169	05-05-2013	02-06-2013	28	SH300901020	PK 20,3 repaso túnel conexión	P500	11,0	10,0	377	337	
973	5846767	10-05-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 510 túnel conexión	P500	10,9	10,0	386	344	347
973	5846767	10-05-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 510 túnel conexión	P500	11,1	10,0	392	351	
973	5846767	10-05-2013	07-06-2013	28	SH300901020	PK 510 túnel conexión	P500	11,0	10,0	388	347	
1358	5935866	12-07-2013	09-08-2013	28	SH300901020	PK 1796,0	P500	11,1	10,0	392	351	355
1358	5935866	12-07-2013	09-08-2013	28	SH300901020	PK 1796,0	P500	11,2	10,0	398	358	
1358	5935866	12-07-2013	09-08-2013	28	SH300901020	PK 1796,0	P500	11,2	10,0	395	355	
1589	5932221	01-08-2013	29-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0	P500	11,0	10,0	227	203	192
1589	5932221	01-08-2013	29-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0	P500	11,0	10,0	200	179	
1589	5932221	01-08-2013	29-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0	P500	11,1	10,0	217	195	
1913	5931973	06-11-2013	04-12-2013	28	SH300901020	PK 2124,8 aguas arriba	P500	10,9	10,0	385	343	345
1913	5931973	06-11-2013	04-12-2013	28	SH300901020	PK 2124,8 aguas arriba	P500	10,8	10,0	385	342	
1913	5931973	06-11-2013	04-12-2013	28	SH300901020	PK 2124,8 aguas arriba	P500	10,9	10,0	393	350	

603	T1	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	8,9	5,4	330	321	309
603	T2	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	8,4	5,4	308	297	
603	T3	27-02-2013	28-01-2013	31	SH300901020	PK 1645,5 ubicación pto N°13	P500	8,6	5,4	319	309	
1107	T1	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 caja derecha punto 18, rechequeo	P500	11,1	10,0	412	369	346
1107	T2	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 caja derecha punto 18, rechequeo	P500	10,0	10,0	379	330	
1107	T3	17-05-2013	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1620,0 caja derecha punto 18, rechequeo	P500	10,0	10,0	388	338	
974	T1	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conexión, caja derecha punto 17	P500	11,0	10,0	385	344	348
974	T2	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conexión, caja derecha punto 17	P500	11,0	10,0	389	348	
974	T3	11-05-2013	05-05-2013	28	SH300901020	PK 29,0 túnel conexión, caja derecha punto 17	P500	11,1	10,0	393	352	
1106	T1	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 conexión caja derecha punto 16	P500	11,0	10,0	382	342	342
1106	T2	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 conexión caja derecha punto 16	P500	10,9	10,0	385	343	
1106	T3	07-06-2013	10-05-2013	28	SH300901020	PK 48,0 conexión caja derecha punto 16	P500	11,0	10,0	382	342	
1450	T1	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	11,1	10,0	403	361	362
1450	T2	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	11,0	10,0	405	362	
1450	T3	09-08-2013	12-07-2013	28	SH300901020	PK 1235,0 caja derecha 16	P500	11,2	10,0	403	362	
1619	T1	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0 caja derecha 17	P500	11,2	10,0	410	369	366
1619	T2	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0 caja derecha 17	P500	11,3	10,0	403	363	
1619	T3	28-09-2013	01-08-2013	28	SH300901020	PK 1908,0 caja derecha 17	P500	11,2	10,0	407	366	
1926	T1	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125,0 caja derecha 15	P500	9,1	6,7	399	376	372
1926	T2	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125,0 caja derecha 15	P500	9,0	6,7	392	369	
1926	T3	04-12-2013	06-11-2013	28	SH300901020	PK 2125,0 caja derecha 15	P500	8,9	6,7	396	372	
729.348-9	5233519	13-04-2012	27-04-2012	14	SH300901020	Ventana Pk 145	P500	10,6	10,4	432	378	408
729.348-9	5233519	13-04-2012	11-05-2012	28	SH300901020	Ventana Pk 145	P500	10,8	10,4	481	423	
729.348-9	5233519	13-04-2012	11-05-2012	28	SH300901020	Ventana Pk 145	P500	10,9	10,4	480	423	

PROBETAS ENSAYADAS Y CURADAS EN LABORATORIO												
Nº Informe	Nº Guía	Control Fechas			Identificación del Producto			Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ²)	Cilindro esbeltez 2	R _{p1}
		Muestreo	Ensayo	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector					
729.348-18	5235307	30-04-2012	14-05-2012	14	SH300901020	Ventana PK 230-246.3	P500	10,5	10,4	457	399	418
729.348-18	5235307	30-04-2012	28-05-2012	28	SH300901020	Ventana PK 230-246.3	P500	10,7	10,4	512	449	
729.348-18	5235307	30-04-2012	28-05-2012	28	SH300901020	Ventana PK 230-246.3	P500	10,6	10,4	465	407	
729.348-45	5375718	18-07-2012	15-08-2012	28	SH300901020	Ventana PK 576, P ^o Capa	P500	11,1	10,4	444	393	380
729.348-45	5375718	18-07-2012	15-08-2012	28	SH300901020	Ventana PK 576, P ^o Capa	P500	11,3	10,4	404	360	
729.348-45	5375718	18-07-2012	15-08-2012	28	SH300901020	Ventana PK 576, P ^o Capa	P500	11,4	10,4	432	386	
729.348-50	5375926	06-08-2012	03-09-2012	28	SH300901020	PK 639	P500	10,4	10,4	326	284	266
729.348-50	5375926	06-08-2012	03-09-2012	28	SH300901020	PK 639	P500	10,6	10,4	247	216	
729.348-50	5375926	06-08-2012	03-09-2012	28	SH300901020	PK 639	P500	11,0	10,4	336	297	
729.348-74	5448031	07-09-2012	05-10-2012	28	SH300901020	PK 871	P500	10,7	10,4	469	411	418
729.348-74	5448031	07-09-2012	05-10-2012	28	SH300901020	PK 871	P500	10,6	10,4	472	413	
729.348-74	5448031	07-09-2012	05-10-2012	28	SH300901020	PK 871	P500	10,7	10,4	489	429	
729.348-92	5494954	29-09-2012	27-10-2012	28	SH300901020	PK 999,8 al PK 1000,2	P500	10,8	10,4	614	540	536
729.348-92	5494954	29-09-2012	27-10-2012	28	SH300901020	PK 999,8 al PK 1000,2	P500	11,3	10,4	569	507	
729.348-92	5494954	29-09-2012	27-10-2012	28	SH300901020	PK 999,8 al PK 1000,2	P500	10,8	10,4	639	562	
729.348-98	5494132	02-10-2012	30-10-2012	28	SH300901020	PK 855 al PK 872	P500	11,4	10,4	570	509	511
729.348-98	5494132	02-10-2012	30-10-2012	28	SH300901020	PK 855 al PK 872	P500	11,4	10,4	572	511	
729.348-98	5494132	02-10-2012	30-10-2012	28	SH300901020	PK 855 al PK 872	P500	10,8	10,4	583	513	
1247	5620755	01-12-2012	29-12-2012	28	SH300901020	PK 1356,4	P500	10,7	9,4	463	418	426
1247	5620755	01-12-2012	29-12-2012	28	SH300901020	PK 1356,4	P500	10,9	9,4	480	436	
1247	5620755	01-12-2012	29-12-2012	28	SH300901020	PK 1356,4	P500	10,8	9,4	469	425	
330	5620957	11-12-2012	08-01-2013	28	SH300901020	PK 1410,5 primera capa	P500	12,0	10,0	421	386	374
330	5620957	11-12-2012	08-01-2013	28	SH300901020	PK 1410,5 primera capa	P500	12,1	10,0	393	362	
330	5620957	11-12-2012	08-01-2013	28	SH300901020	PK 1410,5 primera capa	P500	12,2	10,0	404	373	
366	5664214	26-12-2012	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1491,40	P500	11,4	9,6	370	339	345
366	5664214	26-12-2012	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1491,40	P500	12,2	9,6	365	340	
366	5664214	26-12-2012	23-01-2013	28	SH300901020	PK 1491,40	P500	10,9	9,6	394	356	
P4600												
722	5725706	25-03-2013	22-04-2013	28	SH300901020	PK 0,21 estocada N°6	P4600	11,0	10,0	401	358	346
722	5725706	25-03-2013	22-04-2013	28	SH300901020	PK 0,21 estocada N°6	P4600	11,1	10,0	386	346	
722	5725706	25-03-2013	22-04-2013	28	SH300901020	PK 0,21 estocada N°6	P4600	11,1	10,0	373	334	

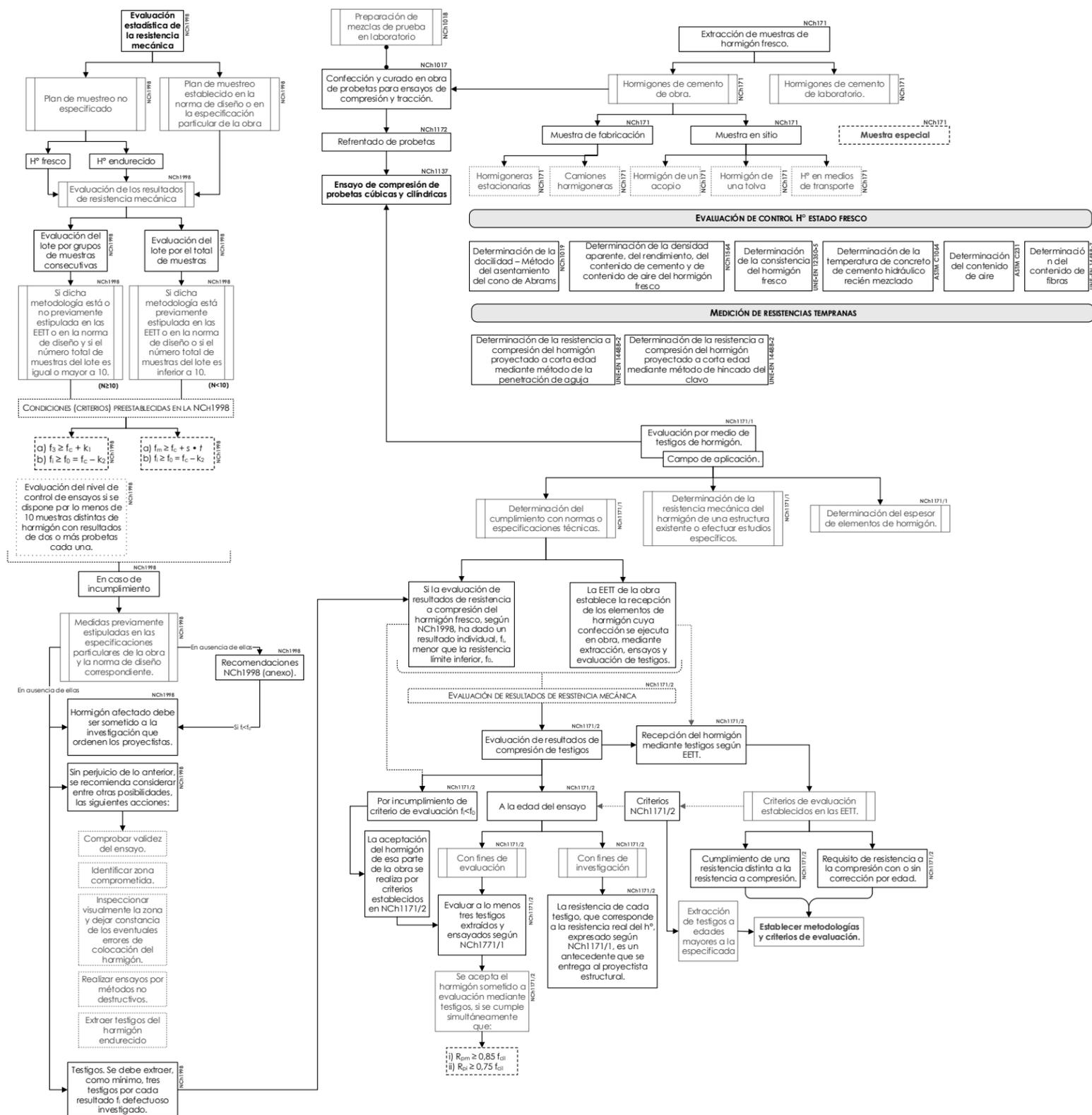
TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO														
Nº Informe	Nº Testigo	Control Fechas			Identificación del Producto			Caract. del Testigo			Cilindro esbeltez 2	R _{p2}		
		Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/c m ²)				
7514 15	T1	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 245, Caja	P500	9,7	5,4	525	516	480		
7514 15	T2	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 244,5 Caja	P500	6,1	5,4	459	414			
7514 15	T3	24-05-2012	30-04-2012	24	SH300901020	PK 243 Caja	P500	14,1	5,4	509	509			
795.245	T1	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	21,2	5,4	469	469	494		
795.245	T2	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	12,3	5,4	497	497			
795.245	T3	25-10-2012	18-07-2012	99	SH300901020	PK 573, Caja Derecha	P500	17,5	5,4	516	516			
774.507	T1	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	8,1	5,3	596	574	588		
774.507	T2	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	9,7	5,3	614	606			
774.507	T3	28-09-2012	06-08-2012	53	SH300901020	PK 693, Caja Derecha	P500	7,9	5,3	609	584			
795.248	T1	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	11,6	5,4	664	664	634		
795.248	T2	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	14,2	5,4	569	569			
795.248	T3	24-10-2012	07-09-2012	47	SH300901020	PK 873, Caja Derecha	P500	11,0	5,4	668	668			
795.026	T1	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	7,8	5,4	626	597	600		
795.026	T2	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	12,0	5,4	651	651			
795.026	T3	23-10-2012	29-09-2012	24	SH300901020	PK 812, Boveda Derecha	P500	8,9	5,4	567	551			
795.240	T1	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	7,3	5,4	452	426	457		
795.240	T2	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	7,9	5,4	499	477			
795.240	T3	24-10-2012	02-10-2012	22	SH300901020	PK 1012, Caja Derecha	P500	8,2	5,4	486	467			
598	T1	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	9,4	5,4	378	370	365		
598	T2	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	8,1	5,4	368	353			
598	T3	28-12-2012	01-12-2012	51	SH300901020	PK 1353,0	P500	9,2	5,4	380	371			
599	T1	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	8,7	5,4	380	368	361		
599	T2	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	8,3	5,4	370	356			
599	T3	28-12-2012	11-12-2012	41	SH300901020	PK 1413,0 ubicación pto N°17	P500	8,6	5,4	370	358			
600	T1	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	5,6	5,4	367	323	325		
600	T2	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	5,9	5,4	358	319			
600	T3	11-02-2013	26-12-2012	48	SH300901020	PK 1473,0 ubicación pto N°17	P500	5,9	5,4	372	332			
725	T1	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	10,9	10,0	394	351	354		
725	T2	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	10,9	10,0	396	353			
725	T3	25-03-2013	25-03-2013	28	SH300901020	PK 750,0 ubicación pto N°5	P4600	11,0	10,0	400	358			

PROBETAS ENSAYADAS Y CURADAS EN LABORATORIO												
Nº Informe	Nº Guía	Control Fechas			Identificación del Producto			Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/cm ³)	Cilindro esbeltez 2	R _{p1}
		Muestreo	Ensayo	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector					
1395	5726075	13-07-2013	10-08-2013	28	SH300901020	PK 1093.0	P4600	11,2	10,0	399	359	356
1395	5726075	13-07-2013	10-08-2013	28	SH300901020	PK 1093.0	P4600	11,1	10,0	399	358	
1395	5726075	13-07-2013	10-08-2013	28	SH300901020	PK 1093.0	P4600	11,0	10,0	394	352	
729.348-1	Sin Informaci	29-01-2012	26-02-2012	28	SH300901020	Fortificación Talud A y C	P4600	10,4	10,6	541	471	429
729.348-2	Sin Informaci	29-01-2012	26-02-2012	28	SH300901020	Fortificación Talud A y C	P4600	10,4	10,6	473	412	
729.348-2	Sin Informaci	29-01-2012	26-02-2012	28	SH300901020	Fortificación Talud A y C	P4600	10,4	10,8	465	405	
729.348-13	5176558	24-04-2012	08-05-2012	14	SH300901020	Ventana Pk 11.2	P4600	10,5	10,4	213	186	207
729.348-13	5176558	24-04-2012	22-05-2012	28	SH300901020	Ventana Pk 11.2	P4600	10,8	10,4	260	229	
729.348-13	5176558	24-04-2012	22-05-2012	28	SH300901020	Ventana Pk 11.2	P4600	10,8	10,4	235	207	
729.348-33	5317396	11-06-2012	25-06-2012	14	SH300901020	Ventanal PK 84,1, Sello	P4600	10,5	10,4	396	345	380
729.348-33	5317396	11-06-2012	09-07-2012	28	SH300901020	Ventanal PK 84,1, Sello	P4600	11,0	10,4	450	398	
729.348-33	5317396	11-06-2012	09-07-2012	28	SH300901020	Ventanal PK 84,1, Sello	P4600	10,7	10,4	451	395	
729.348-78	5448156	12-09-2012	10-10-2012	28	SH300901020	PK 326, F Capa	P4600	11,0	10,4	542	479	452
729.348-78	5448156	12-09-2012	10-10-2012	28	SH300901020	PK 326, F Capa	P4600	11,0	10,4	513	453	
729.348-78	5448156	12-09-2012	10-10-2012	28	SH300901020	PK 326, F Capa	P4600	10,9	10,4	479	422	
729.348-101	5532210	04-10-2012	01-11-2012	28	SH300901020	PK 375	P4600	10,8	10,4	428	376	391
729.348-101	5532210	04-10-2012	01-11-2012	28	SH300901020	PK 375	P4600	11,2	10,4	383	340	
729.348-101	5532210	04-10-2012	01-11-2012	28	SH300901020	PK 375	P4600	11,0	10,4	518	458	
1249	5447320	16-11-2012	14-12-2012	28	SH300901020	PK 461.0	P4600	10,7	10,0	453	402	397
1249	5447320	16-11-2012	14-12-2012	28	SH300901020	PK 461.0	P4600	10,9	10,0	435	388	
1249	5447320	16-11-2012	14-12-2012	28	SH300901020	PK 461.0	P4600	11,1	10,0	449	402	

TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO												
Nº Informe	Nº Testigo	Control Fechas			Identificación del Producto			Caract. del Testigo				
		Extracción	Confección	Días	Tipo Hormigón	Ubicación	Sector	Altura (cm)	Ø (cm)	R _c (Kg/f/cm ³)	Cilindro esbeltez 2	R _{p2}
1446	T1	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 7'	P4600	11,1	10,0	281	252	322
1446	T2	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 7'	P4600	11,2	10,0	400	360	
1446	T3	10-08-2013	13-07-2013	28	SH300901020	PK 1094,5 caja derecha 7'	P4600	11,1	10,0	395	354	
729.126	T1	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal 1 una P4600, Talud C. a 12 metros del eje del Talud	P4600	7,9	5,4	441	421	452
729.126	T2	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal 1 una P4600, Talud C. a 13 metros del eje del Talud	P4600	6,4	5,4	500	457	
729.126	T3	21-02-2012	29-01-2012	23	SH300901020	Portal 1 una P4600, Talud C. a 2,0 metros del Testigo 2 y a 2,0	P4600	7,0	5,4	510	477	
763.330	T1	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rectificación del PK 11.2 Caja Izquierda	P4600	36,2	10,4	522	522	472
763.330	T2	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rectificación del PK 11.2 Caja Izquierda	P4600	20,6	10,4	450	449	
763.330	T3	09-08-2012	24-04-2012	107	SH300901020	PK 10, Rectificación del PK 11.2 Caja Derecha	P4600	25,0	10,4	444	444	
762.456	T1	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P4600	28,9	10,4	618	618	492
762.456	T2	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P4600	15,1	10,4	386	368	
762.456	T3	09-07-2012	11-06-2012	28	SH300901020	PK 84, Boveda Derecha	P4600	33,3	10,4	490	490	
794.982	T1	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P4600	13,8	7,4	515	509	480
794.982	T2	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P4600	16,0	7,4	437	437	
794.982	T3	19-10-2012	12-09-2012	37	SH300901020	PK 326	P4600	14,5	7,4	494	492	
794.990	T1	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P4600	18,7	9,6	427	425	422
794.990	T2	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P4600	25,6	9,6	445	445	
794.990	T3	18-10-2012	04-10-2012	14	SH300901020	PK 294	P4600	33,3	9,6	396	396	
408	T1	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465.0 ubicación pto Nº8	P4600	10,1	5,4	320	317	316
408	T2	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465.0 ubicación pto Nº8	P4600	10,5	5,4	315	314	
408	T3	08-02-2013	16-11-2012	85	SH300901020	PK 465.0 ubicación pto Nº8	P4600	10,8	5,4	317	317	

ANEXO D

Procedimientos de evaluación en Chile



Nomenclatura	
NCh1998	
f_c	= resistencia especificada a la rotura por compresión, en MPa;
f_m	= resistencia media del lote, en MPa;
f_3	= resistencia media de cualquier grupo de 3 muestras consecutivas, en MPa;
f_i	= resistencia individual de cada muestra, en MPa;
f_0	= límite inferior para la resistencia f_i de cada muestra, en MPa;
k_1	= constante de evaluación para f_3 , en MPa;
k_2	= constante de evaluación para f_i , en MPa;
s	= desviación normal de las resistencias individuales f_i , en MPa;
t	= factor estadístico según la fracción defectuosa y número de muestras;
NCh1171	
R_{pi}	= resultado de resistencia del testigo a la edad de ensayo, expresada en probeta cilíndrica, MPa;
R_{pm}	= promedio aritmético de los resultados de resistencia de los testigos que conforman el lote a evaluar, MPa;
f_{cil}	= resistencia a compresión especificada en el proyecto, expresada en probeta cilíndrica, MPa;
0,85 y 0,75	= constantes de evaluación, adimensionales.

ANEXO E

Diagrama de flujo de los procedimientos para la dosificación del hormigón a partir de registros de resistencia de la planta

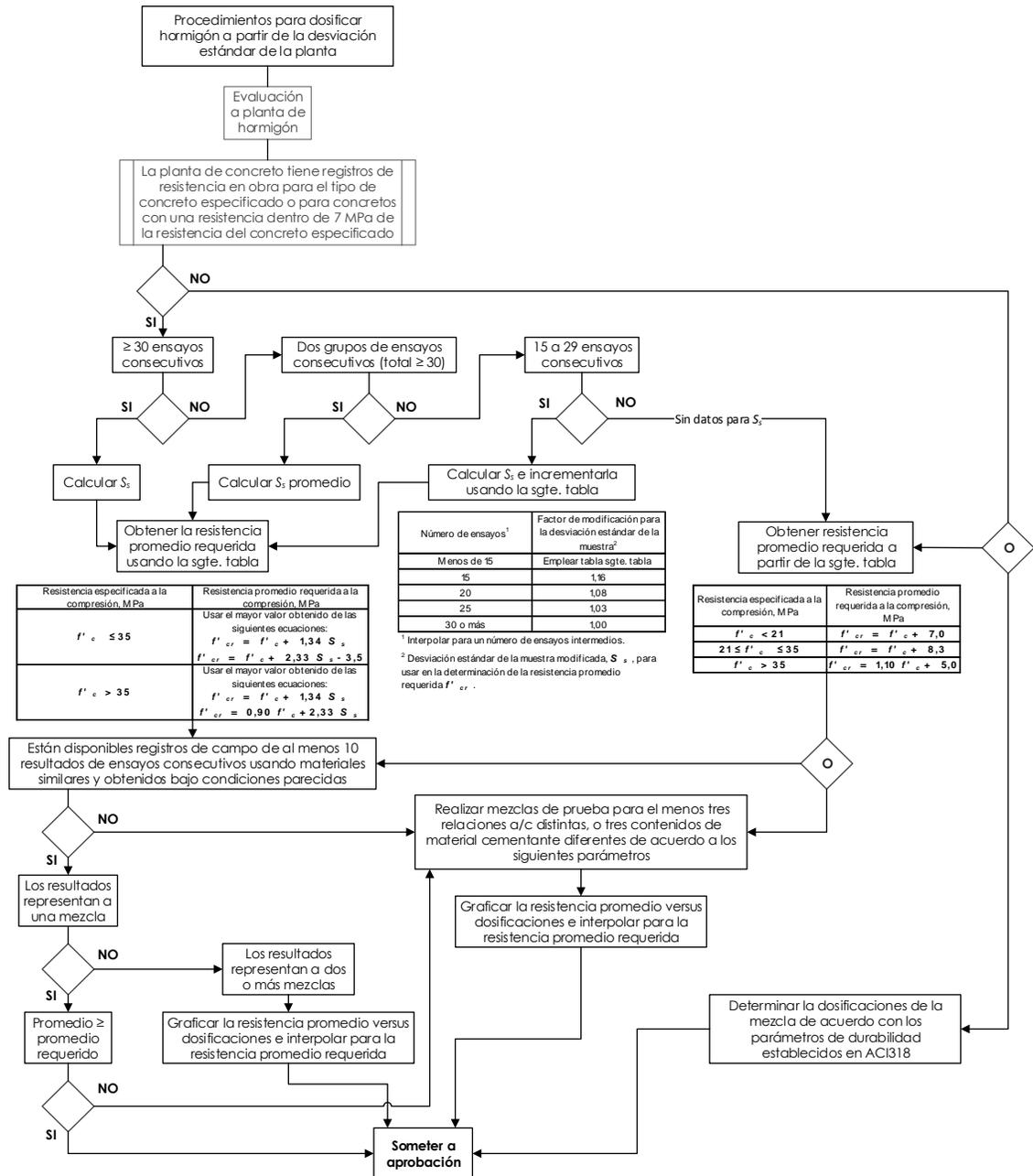


Diagrama de flujo de los procedimientos para la dosificación del hormigón a partir de registros de resistencia de la planta. Fuente: ACI318S-11

ANEXO F

Evaluación de testigos por grado según ACI506.2-95

Como se mencionó en el capítulo 4.4., el reglamento ACI506.2-95, que se referencia en la tabla 2.10., establece los procedimientos para la evaluación de los testigos según su grado, el cual califica la mezcla para habilitar o impedir su utilización.

Cabe destacar que esta es una medida preventiva que se realiza con anterioridad a la aplicación del hormigón proyectado en el sitio de trabajo.

El panel utilizado para realizar este tipo de pruebas está normalizado mediante una distribución de armaduras, con diámetros definidos para tal efecto. En la siguiente imagen, se puede visualizar el orden y disposición de los elementos considerados.

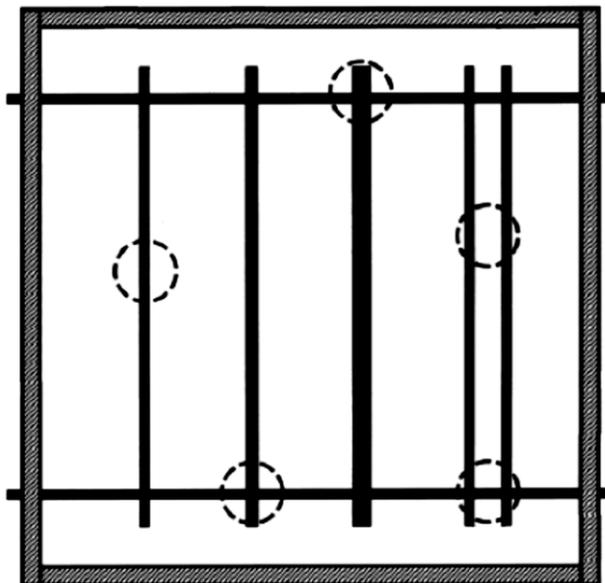


Imagen A.F.1.: "Panel para Certificación de pitoneros según estándar ACI506.3R para uso del programa de certificaciones del ACI e ICH. Los círculos, identifican el punto donde se debe extraer el testigo para su revisión". Fuente: (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2015)

Los procedimientos y/o requisitos para la evaluación están detallados en el siguiente esquema:

GRADOS DE NÚCLEOS O TESTIGOS DE HORMIGÓN PROYECTADO

- Grado 1:** Las muestras de hormigón proyectado son sólidas; no existen laminaciones, zonas arenosas o huecos. Los huecos pequeños con aire de diámetro de 1/8 pulg. y una longitud máxima de 1/4 pulg., son normales y aceptables. Las bolsas de arena, o huecos continuos detrás del acero de refuerzo son inaceptables. La superficie contra la forma o el plano de la unión deberá estar en buen estado, sin textura arenosa o huecos.
- Grado 2:** Las muestras de hormigón proyectado no tendrán más de los laminaciones o zonas arenosas con dimensiones que excedan a 1/8 pulg. de espesor, o de 1 pulg. de largo. La altura, anchura y profundidad de vacíos no excederá de 3/8 pulg y las áreas porosas detrás del acero de refuerzo no deberá exceder 1/2 pulg. en cualquier dirección excepto a lo largo de la longitud del acero de refuerzo. La superficie contra la forma o el plano de la unión estará en buen estado, sin textura arenosa o huecos.
- Grado 3:** Las muestras de hormigón proyectado no tendrán más de dos laminaciones o zonas de arena con unas laminaciones superiores a 3/16 pulg. de espesor por 1 1/4 pulg. de largo, o un gran vacío, bolsas de arena o laminación con arenas mal adheridas que no exceda 5/8 pulg. de espesor y 1 1/4 pulg. de ancho. La superficie contra la forma puede ser de arena con huecos que contienen exceso de pulverización hasta 1/16 pulg. de profundidad.
- Grado 4:** El testigo puede reunir los requisitos de los testigos grado 3, pero puede tener dos defectos importantes tal como se describe para el grado 3, o puede tener un defecto con una dimensión máxima de 1 pulg. perpendicular a la cara del testigo con una anchura máxima de 1 1/2 pulg. La superficie final del testigo, es decir, la superficie de contacto, puede ser arenosa y con huecos que contienen exceso de rociado a una profundidad de 1/8 pulg.
- Grado 5:** El testigo que no cumpla con los requisitos señalados en los grados 1 al 4, por ser de menor calidad, se clasificará como grado 5.

Esquema A.F.1.: "Grados de los testigos de hormigón según ACI". Fuente: elaboración propia a partir de (American Concrete Institute, 1995)

El procedimiento de evaluación de la calidad de los testigos consiste en el cálculo de la media aritmética de un mínimo de tres testigos cuando se utiliza armadura, y un mínimo de 5 testigos usando el panel ACI.

Los criterios de calificación son: el promedio de los grados de los testigos puede ser igual o inferior a 2,5; esto se considera aceptable, al menos que el proyecto especifique lo contrario. Los testigos individuales de hormigón proyectado con una clasificación mayor a 3, son inaceptables.

Finalmente, las imágenes A.1 a la A.5 muestran los testigos según su grado. (American Concrete Institute, 1995)



Imagen A.F.2."Grado 1". Fuente: (American Concrete Institute, 1995)

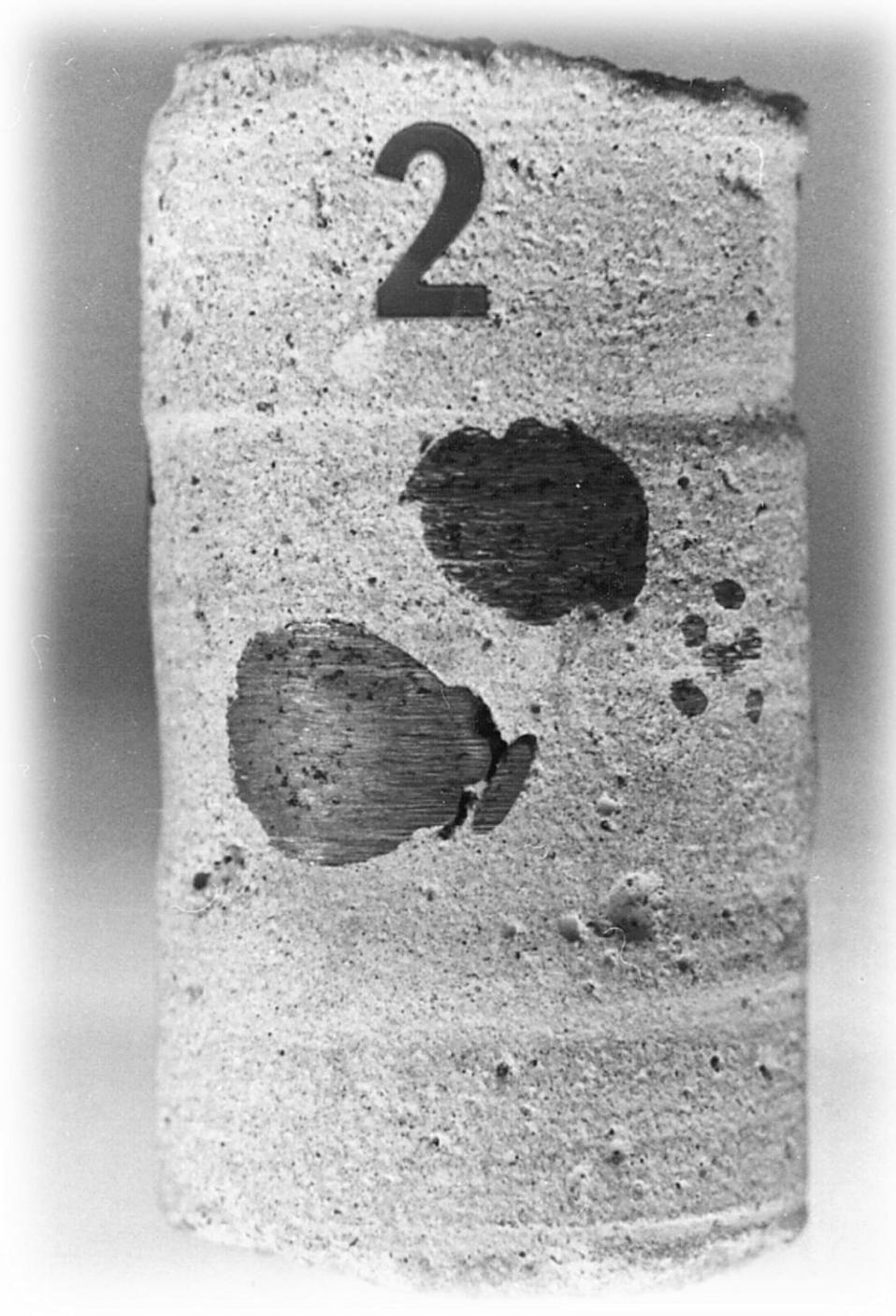


Imagen A.F.3. "Grado 2". Fuente: (American Concrete Institute, 1995)

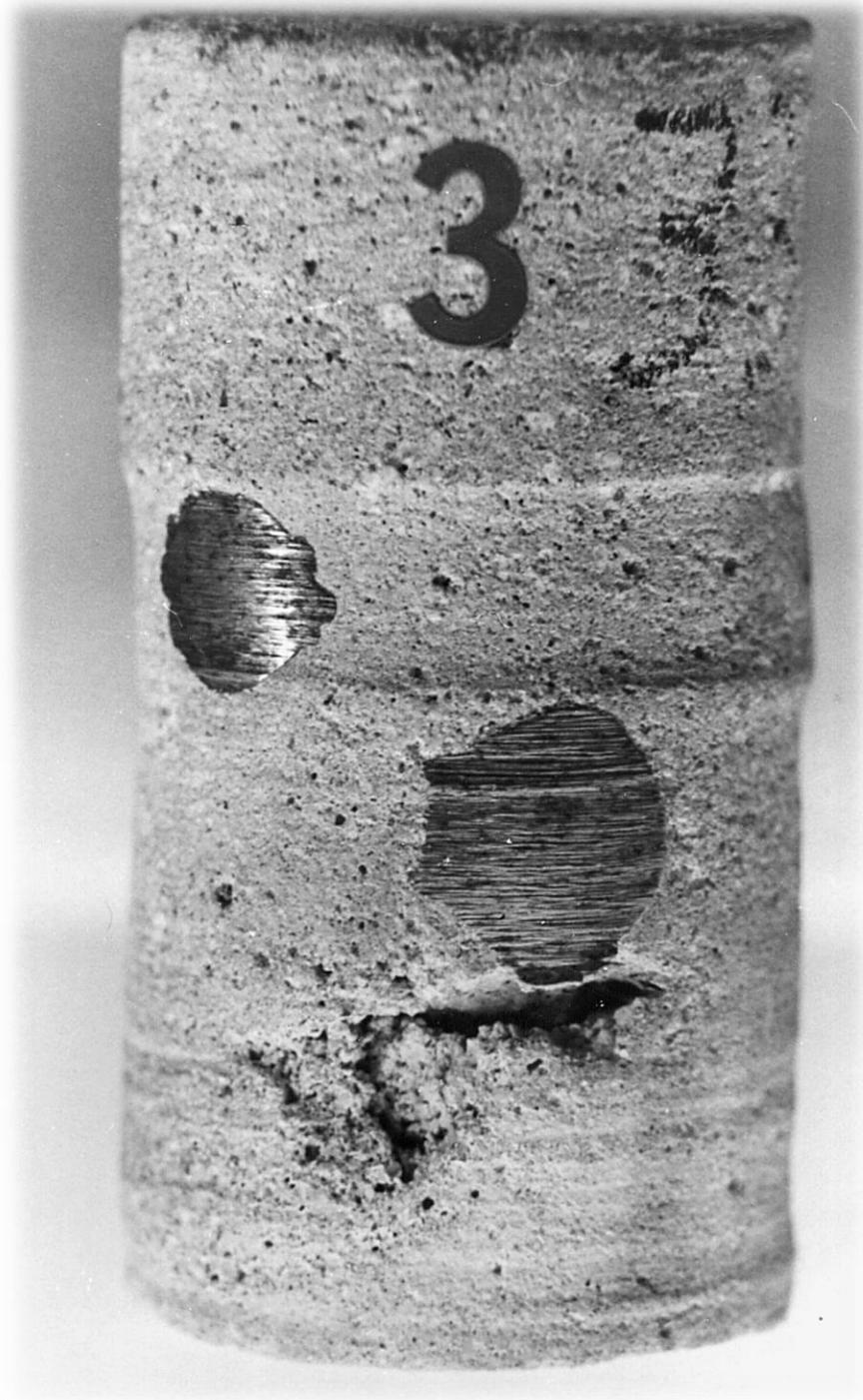


Imagen A.F.4. "Grado 3". Fuente: (American Concrete Institute, 1995)



Imagen A.F.5."Grado 4". Fuente: (American Concrete Institute, 1995)



Imagen A.F.6."Grado 5". Fuente: (American Concrete Institute, 1995)

ANEXO G

Productor de hormigón, incidencia en los resultados

Uno de los aspectos a considerar futuros trabajos relacionados con el shotcrete es la incidencia que tiene el productor de hormigón, tanto en los resultados finales de resistencia, como también en el proceso que conlleva la aplicación de hormigón proyectado que, para efectos prácticos, se asume la utilización del método por vía húmeda, el cual, demanda de hormigón premezclado.

Incidencia del productor de hormigón

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, el hormigón es evaluado de distintas maneras y en sus distintos estados físicos. Una de las evaluaciones que intervienen en el hormigón son las muestras destinadas a la evaluación de su resistencia a la compresión¹² mediante probetas confeccionadas para este fin.

En la práctica, habitualmente se ensayan cuatro probetas, una a los siete días y las otras dos a los 28 días, pero, ¿son confiables los resultados de la resistencia potencial del hormigón? Para todo constructor, la respuesta deseada es “sí”, no obstante, a partir de un estudio realizado en el año 2013, en cierto modo, se tienen valores referenciales acerca de los márgenes de defectuosidad en las muestras de hormigón y su estrecha relación entre el operador y sus años de servicio.

¹² Los ensayos de resistencia a la compresión son los más frecuentes, no obstante, cuando el contrato, proyectista o las EETT señalan otros ensayos a realizar, por lo general se miden las resistencias a la tracción y/o flexotracción.

Con esto no se pretende extender el estudio a otras áreas que demandan investigaciones focalizadas en esas áreas particulares, pero si provee de razones que suscitan una detenida atención a las incidencias que se presentan en las representaciones de las resistencias potenciales del hormigón.

Según Gamonal R., según el gráfico n°_, de 2712 despachos mensuales de hormigón en promedio, se toman en promedio aproximadamente 234 muestras destinadas a ensayos, equivalentes a aproximadamente al 9% del total de despachos mensuales.

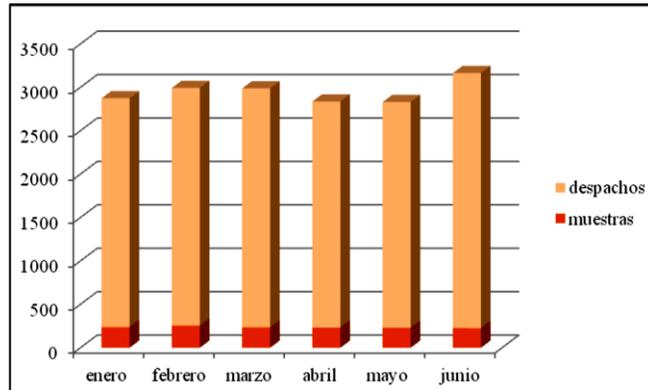


Gráfico 5.14: "Despachos de hormigón de central hormigonera, primer semestre de 2013". Fuente: (Torres, 2013).

De las muestras destinadas a ensayos, según el gráfico n°_, con un total de 1408 muestras en el periodo señalado, 143 muestras resultaron ser defectuosas siendo aprox. el 10% del total de muestras.

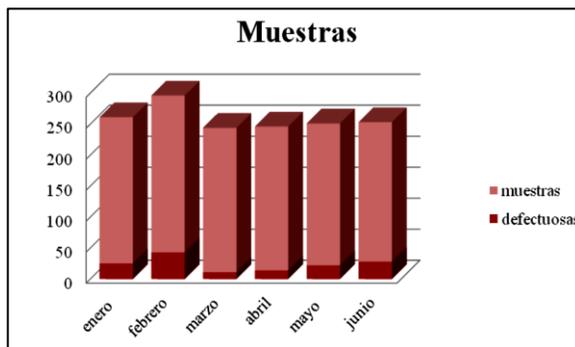


Gráfico 5.15: "Muestras defectuosas a los 28 días". Fuente: (Torres, 2013)

Finalmente, según gráfico n° __, del 10% de muestras defectuosas, el 72% de las muestras defectuosas están relacionadas con operadores que no tienen más de un año de experiencia, lo cual, atestigua acerca de la relevancia que se presenta entre la experiencia del operador mixer y los resultados defectuosos que se presentan.



Gráfico 5.16: "Muestras defectuosas respecto a la experiencia laboral del operador". Fuente: (Torres, 2013)

A partir del estudio citado, se obtienen valores referenciales acerca del porcentaje de muestras defectuosas, las cuales, son indicador de la incidencia que tiene la planta productora de hormigón, o en su defecto, el operador mixer, en los resultados de resistencias de las muestras extraídas para ese objeto. Además, la experiencia del operador es determinante y a la vez concluyente, ya que del gráfico se puede inferir que, mientras menor sea la experiencia del operador, potencialmente mayor será la cantidad de resultados defectuosos.

Evaluación al productor de hormigón

La actual normativa chilena que establece y define los aspectos técnicos involucrados en la transferencia del hormigón preparado, entre el suministrador y el comprador es la norma NCh1934.Of92. En dicha norma vigente, se establecen las premisas básicas para la evaluación al productor de hormigón.

Según la norma, toda central hormigonera debe llevar un registro continuo del control de calidad del hormigón para fines de aplicar la desviación normal ponderada de la planta.

La desviación normal ponderada de la planta se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - 1) \cdot S_i^2}{\sum_{i=1}^n (N_i - 1)}} \quad (G.1)$$

En que:

- S_p = desviación normal ponderada de la planta de hormigón preparado, MPa;
- S_i = desviación normal de las resistencias individuales de cada lote de hormigón H20 o superior con $N \geq 30$ resultados y determinada según NCh1998;
- N_i = número total de muestras que conforman un lote de hormigón i , con $N_i \geq 30$ resultados;
- n = número de lotes de hormigón considerados en el cálculo de S_p .

Con la ecuación n°_, se obtiene la desviación normal ponderada de la planta que, para efectos prácticos, es un indicador representativo de los materiales, procedimientos de control de calidad, condiciones de curado, entre otros.

No obstante, la normativa ACI318 habilita metodologías que, si bien refieren a la dosificación del hormigón, habilitan en cierto modo los parámetros para obtener hormigones que cumplan con la resistencia especificada.

Como se optó en un comienzo estudiar los aspectos considerados por la ACI, en el presente se adjunta, a modo de sugerencia, los procedimientos para la dosificación del hormigón, con el fin de minimizar la cantidad de muestras rechazadas por incumplimiento.

Un diagrama de flujo elaborado por el comité, señala de manera rudimental los procedimientos de evaluación (anexo E).