

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES

PRÁCTICA SUPERVISADA CONTROL DE CALIDAD DE COLUMNAS PRETENSADAS Y ACCESORIOS

AUTOR: Asinari, Hernán M.

TUTOR DOCENTE: Ing. Stumpf, Pablo

TUTOR INTERNO: Ferreyra, Lucas



FCEFN



UNC

Córdoba, septiembre de 2020



AGRADECIMIENTOS:

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional de años. A la familia por el interés y acompañamiento demostrado.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por su educación de prestigio y calidad, agradecido de las experiencias vividas en mi paso por sus aulas.

A compañeros y amigos que me regalo la cursada de la carrera y que sin duda facilitaron mi etapa de universitario.

Al ingeniero Pablo Stumpf por aceptar ser mi tutor y guiar, proponer ideas y demostrar interés en mi informe de practica supervisada.

A Lucas Ferreyra, tutor interno, y el personal de Hormicoop por compartir sus conocimientos y calidez humana.

A todas aquellas personas que afectivamente alguna vez me preguntaron “¿Cómo te va con la carrera?”, “Cuando rendís, suerte en los exámenes”, “Avísame como te va”, “Voy a rezar para que te vaya bien” y demás.

En la memoria y el recuerdo de mis abuelos.

RESUMEN:

El informe de esta práctica profesional supervisada versa sobre el programa de control de calidad para aplicar a la fabricación de columnas pretensadas y accesorios.

El presente trabajo consta de seis capítulos más una conclusión final. El primero de los capítulos es a modo introductorio, con el propósito de poner al lector en conocimiento de la fábrica Hormicoop y de los productos fabricados en la misma. Luego se avanza sobre el control de calidad que abarca desde la llegada de las materias primas a la planta hasta la liberación del producto terminado por parte de la inspección del cliente.

A continuación, un breve comentario de los capítulos desarrollados en este trabajo:

Capítulo 1: En este capítulo se desarrolla brevemente una introducción sobre quien es la empresa Hormicoop, su organigrama y como es su sistema de gestión de calidad y sus propósitos y objetivos referidos a calidad. Luego, se pretende poner al lector en contexto de cuáles son los productos fabricados en la empresa, sobre los cuales se desarrollará el programa de calidad.

Capítulo 2: En este segundo capítulo se hace referencia al control de calidad de las materias primas utilizadas para la elaboración de la producción, se utiliza para el mismo las especificaciones y recomendaciones del reglamento CIRSOC 201:2005 y Normas IRAM ajustados a la escala productiva de la empresa.

Capítulo 3: En esta sección, recorriendo las etapas del circuito productivo, se desarrollan las verificaciones de las dosificaciones empleadas, para ello se definen las principales variables de diseño en función de los requerimientos necesarios para los productos elaborados.

Capítulo 4: Analizadas las materias primas intervinientes en el capítulo anterior, en este, se explican los requerimientos de calidad del hormigón fresco y endurecido de acuerdo a requisitos de durabilidad y resistencia. Es el capítulo dedicado al control de calidad del hormigón, donde se desarrolla el análisis estadístico de los resultados de los ensayos a compresión de las probetas de hormigón ensayadas en el laboratorio que posee la fábrica.

Capítulo 5: En este quinto capítulo, se hace foco en el proceso productivo orientado a postes, entendiéndolo, que el proceso de elaboración de accesorios es una simplificación del primero. Se explican las diferentes etapas del proceso y los controles de calidad aplicados en cada etapa del mismo que comienza con la elaboración de armadura.

Capítulo 6: En el penúltimo capítulo se explica el último eslabón del control de calidad, aplicado a postes por una cuestión de no extender demasiado el informe. Se detallan los ensayos y protocolos necesarios para lograr la liberación de una obra, dándole cierre al proceso de control de calidad que comenzó con la inspección de las materias primas que arriban a la planta.

Capítulo 7: El séptimo y último capítulo queda reservado a conclusiones sobre la ejecución de la práctica supervisada, en el mismo se brindan conclusiones a nivel ejecución de la PS y también, a nivel de calidad, con los fundamentos de los controles y ensayos seleccionados para aplicar a la producción de Hormicoop.

ÍNDICE GENERAL:

RESUMEN:	2
ÍNDICE GENERAL:	3
INDICE DE FIGURAS:	7
INDICE DE TABLAS:	9
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.	10
1.1. INTRODUCCIÓN.	10
1.2. QUÉ ES HORMICOOP.	10
1.3. ORGANIGRAMA DE HORMICOOP.	10
1.4. ENFOQUE DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.	11
1.5. EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DE HORMICOOP.	11
1.6. POLITICA DE CALIDAD DE LA EMPRESA.	12
1.7. CONTROL DE CALIDAD HORMICOOP.	13
1.8. PRODUCTOS ELABORADOS.	13
1.9. COLUMNAS PRETENSADAS.	16
1.9.1. Clasificación.	16
1.10. ACCESORIOS.	16
1.11. NORMATIVAS – REGLAMENTACIONES – ESPECIFICACIONES.	17
CAPITULO 2: CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS.	18
2.1. INTRODUCCIÓN.	18
2.2. TIPOS DE CONTROLES.	18
2.3. LAS MATERIAS PRIMAS.	18
2.4. AGREGADOS FINOS.	19
2.5. ARIDOS GRUESOS.	21
2.6. CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS.	23
2.6.1. Controles visuales.	23

2.6.2.	Ensayos de laboratorio.	25
2.6.3.	Ensayos externos.	28
2.6.4.	Resumen controles sobre agregados.	30
2.7.	CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO.	30
2.7.1.	Control de calidad.	30
2.7.2.	Control de calidad en la conservación de las propiedades del hormigón.	33
2.8.	AGUA.	34
2.8.1.	Control de calidad.	34
2.9.	ACEROS.	36
2.9.1.	Control de calidad.	36
2.10.	PUESTA A TIERRA (PAT).	38
2.10.1.	Control de calidad.	38
2.11.	EL REGISTRO DE PROCESO RP 14-01.	39
<i>CAPITULO Nº 3: VERIFICACIONES DE LAS DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN.</i>		<i>41</i>
3.1.	INTRODUCCIÓN.	41
3.2.	DOSIFICACIONES HORMICOOP.	41
3.3.	PARÁMETROS DE DISEÑO.	42
3.3.1.	Trabajabilidad.	42
3.3.2.	Resistencia mecánica.	43
3.3.3.	Durabilidad.	44
3.4.	DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA.	46
3.5.	MÉTODO DE DOSIFICACIÓN.	48
3.5.1.	Método del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA).	48
3.6.	VALIDACIÓN DE UNA NUEVA DOSIFICACIÓN.	48
<i>CAPITULO Nº 4 CRITERIOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN.</i>		<i>50</i>
4.1.	INTRODUCCIÓN.	50
4.2.	CONFORMIDAD CON EL CONTROL DE CALIDAD DEL Hº EN ESTADO FRESCO.	50
4.2.1.	Ensayos para evaluar la consistencia del hormigón en estado fresco.	50
4.2.2.	Control de la temperatura del hormigón.	52

4.2.3. Moldeo de probetas.	53
4.3. CONTROL DE CALIDAD CONFORME A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA.	54
4.3.1. Resistencia especificada $f'c$	54
4.3.2. Control de conformidad. Modo de control adoptado.	55
4.3.3. Definición de Lote. Dimensión.	55
4.3.4. Numero de muestras a extraer.	55
4.3.5. Criterios de conformidad.	55
4.3.6. Edad de ensayo.	56
4.3.7. Prensa de ensayo.	56
4.3.8. Análisis estadístico. Verificación de la resistencia especificada $f'c$	57
4.3.9. Registro de procesos RP 14-16" Análisis de probetas".	60
4.4. REQUISITOS POR DURABILIDAD.	61
4.4.1. Programa de control:	61
<i>CAPITULO N.º 5: CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO.</i>	<i>64</i>
5.1. INTRODUCCIÓN.	64
5.2. CONTROL DE CALIDAD.	64
5.3. EL RP 03-03.	65
5.4. PROCESO PRODUCTIVO:	66
5.4.1. Elaboración de armaduras.	66
5.4.2. Armado del poste.	68
5.4.3. Elaboración del hormigón.	72
5.4.4. Colado del hormigón.	73
5.4.5. Fraguado. Curado de postes.	74
5.4.6. Apertura del molde.	75
5.4.7. Acabado.	76
5.4.8. Acopio.	78
<i>CAPITULO N.º 6: CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.</i>	<i>80</i>
6.1. INTRODUCCIÓN.	80
6.2. MODOS DE LIBERACIÓN DE UNA OBRA.	80
6.3. LIBERACIÓN DE OBRA MEDIANTE PROTOCOLOS.	80
6.3.1. RP 14-17 "Certificado de trazabilidad de producto".	81

6.4. LIBERACIÓN MEDIANTE ENSAYO E INSPECCIÓN. -----	82
6.4.1. Inspección visual.-----	82
6.4.2. Control dimensional. -----	83
6.4.3. Ensayo de flexión. -----	83
6.5. PROTOCOLO DE ENSAYO. -----	85
6.6. ACTA DE LIBERACIÓN. -----	85
<i>CAPITULO 7: CONCLUSIONES.</i> -----	87
<i>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:</i> -----	88
<i>NORMAS/ ESPECIFICACIONES DE REFERENCIA:</i> -----	88
<i>ANEXO I:</i> -----	89

INDICE DE FIGURAS.

Imagen 1.1: Vista aérea del predio de Hormicoop.

Imagen 1.2: Estación transformadora.

Imagen 1.3: Subestación transformadora 415 y 421.

Imagen 1.4: Estructura triple y doble para distribución de energía

Imagen 2.1: Box de arena Paraná.

Imagen 2.2: Curva granulométrica de la arena Paraná.

Imagen 2.3: Box de arena gruesa.

Imagen 2.4: Curva granulométrica de la arena gruesa.

Imagen 2.5: Box de triturado 3-8mm.

Imagen 2.6: Curva granulométrica de triturado 3-8mm.

Imagen 2.7: Box de triturado 6-19mm.

Imagen 2.8: Curva granulométrica de triturado 6-19mm.

Imagen 2.9: Muestras de agregado fino contaminadas con materia orgánica y sustancias nocivas.

Imagen 2.10: Muestra de arena gruesa saturada de agua.

Imagen 2.11: Fragmento del registro de proceso RP14-01 “Control Volante” – Anexo 1.

Imagen 2.12: RP14-22 “Análisis granulométrico”.

Imagen 2.13: Protocolo de calidad del cemento.

Imagen 2.14: Silos de almacenamiento de cemento.

Imagen 2.15: Certificado de requisitos químicos del agua.

Imagen 2.15: Certificado de calidad barras de acero ADN 420S.

Imagen 2.16: Certificado de requisitos químicos del agua.

Imagen 2.17: Bloquetes o puesta a tierra.

Imagen 2.18: Protocolo de calidad de bloquetes.

Imagen 2.19: Archivo RP 14-01 “Control volante” y anexos.

Imagen 2.20: Fragmento RP 14-01 “Control volante”.

Imagen 3.1: RP 14-22 Análisis granulométrico de la dosificación de alta tensión.

Imagen 4.1: Asentamiento medido en cono de Abrams.

Imagen 4.2: Propuesta de RP-23 “Registro de temperatura del hormigón”.

Imagen 4.3: Prensa automática MATEST con display.

Imagen 4.4: Distribución Normal de la dosificación de accesorios en el año 2019

Imagen 4.5: Gráfico de barras resistencia compresión simple en dosificación de accesorios en el año 2019.

Imagen 4.6: RP 14-16 “Análisis de probetas”.

- Imagen 5.1: Fragmento del RP14-01” Control volante” destinado a registrar los controles sobre las diferentes etapas del proceso productivo.
- Imagen 5.2: Registro de procesos RP 03-03.
- Imagen 5.3: Imágenes de canastos de armadura pasiva.
- Imagen 5.4: Imágenes de la estructura de un poste de media tensión, previo a ser montado en el molde.
- Imagen 5.5: Estructura de postes sobre moldes de media tensión.
- Imagen 5.6: Equipo de verificación de tensadoras.
- Imagen 5.7: Maquina tensadora y operario realizando el tensado sobre un molde.
- Imagen 5.8: Bloquete o PAT soldada al hierro liso AL 10mm.
- Imagen 5.9: Equipo hormigonero de Hormicoop, minipala cargadora y tolva de llenado.
- Imagen 5.10: Operarios ejecutando el colado de hormigón de un poste de alta tensión.
- Imagen 5.11: Moldes de poste de baja tensión durante el proceso de curado a vapor.
- Imagen 5.12: Poste de media tensión posterior a la apertura de molde.
- Imagen 5.13: Banco de curado de postes.
- Imagen 5.14: RP 07-03 “Autocontrol de curado de postes”.
- Imagen 5.15: Estiba de postes en playa de acopio.
- Imagen 5.16: Vista panorámica de la playa de acopio de Hormicoop.
- Imagen 6.1: Etiqueta identificatoria.
- Imagen 6.2: Fragmento del RP 14-17.
- Imagen 6.3: Ensayo a flexión de postes.
- Imagen 6.4: Protocolo de ensayo de postes.
- Imagen 6.5: Acto de ensayo.

INDICE DE TABLAS:

Extraídas del Reglamento CIRSOC 201:2005.

Tabla 2.1: Sustancias nocivas.

Tabla 3.1: Intervalos de asentamientos del hormigón.

Tabla 3.6: Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura.

Tabla 4.1: Intervalos de consistencias y tolerancias.

Tabla 4.2: Resistencia de los hormigones.

Tabla 4.6: Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura.

Tabla 4.7: Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras.

Propias de la PS:

Tabla 2.3: Análisis químico del cemento.

Tabla 2.4: Ensayos físicos del cemento.

Tabla 2.5: Ensayos mecánicos del cemento.

Tabla 2.6: Ensayos especiales del cemento CPP.

Tabla 3.2: Asentamientos de diseño de las dosificaciones de hormigón.

Tabla 3.3: Resistencia de diseño adoptada para cada dosificación de hormigón.

Tabla 3.4: Contenido de cemento.

Tabla 3.5: Contenido de material pasante tamiz IRAM 300 μ m (N°50).

Tabla 3.7: Relación a/c y resistencia compresión mínima.

Tabla 3.8: Tamaño máximo del agregado a emplear.

Tabla 4.3: Resistencia especificada a la compresión (f_c) requerida en la producción.

Tabla 4.4: Análisis estadístico dosificación de accesorios.

Tabla 4.5: Análisis mensual de los requerimientos del "Modo 2" de control del hormigón.

Tabla 6.1: Cargas a aplicar en ensayo de flexión.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN.

Este capítulo oficia de presentación al informe de práctica supervisada, en el mismo se presenta la empresa sobre la que se realizó el presente trabajo, y se comenta brevemente cuales son los productos fabricados en la misma. También, se explica el enfoque sobre el que se realizó la presente práctica supervisada.

1.2. QUÉ ES HORMICOOP.

HORMICOOP es una unidad de negocios de la Cooperativa de servicios públicos y sociales Luque Ltda. Es una empresa dedicada al desarrollo, producción y comercialización de columnas de hormigón armado, pretensado y accesorios de hormigón armado para líneas de generación y distribución de energía eléctrica. En el año 2013 se incorporó la fabricación de lastres para lavarropas, y en la actualidad se encuentra desarrollando proyectos vinculados a la provisión de cercos perimetrales prefabricados.

Hormicoop posee un predio de 14500m² enclavado en el corazón del Parque Industrial de la localidad de Luque, distante a 100 km de la Ciudad de Córdoba donde se accede por la RP N°13.

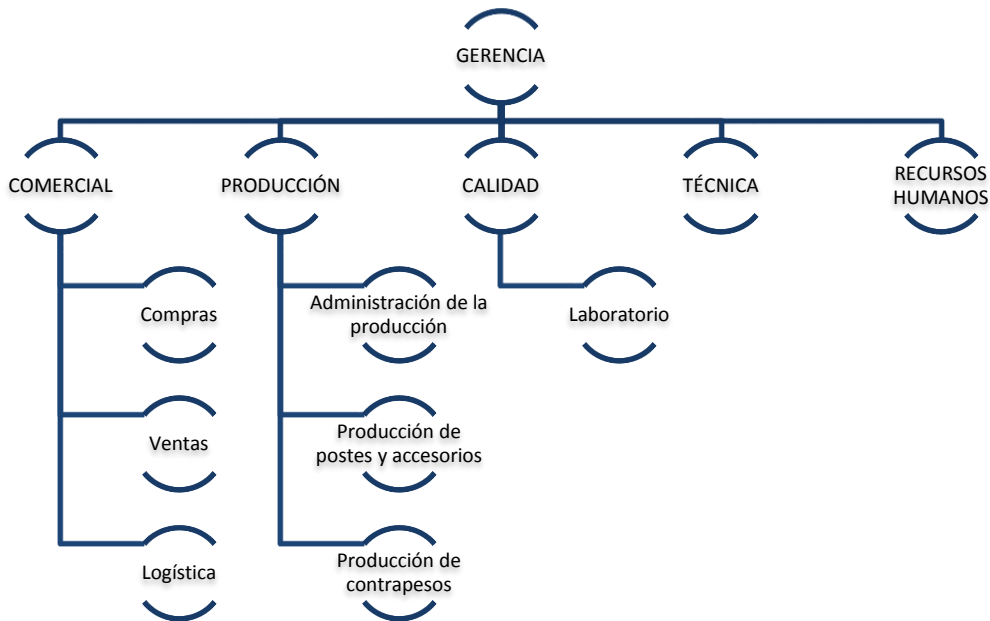


Imagen 1.1 Vista Aérea del Predio de Hormicoop en el corazón del Parque Industrial de la Localidad de Luque.

1.3. ORGANIGRAMA DE HORMICOOP.

Hormicoop se encuentra organizada en cinco áreas internas, comercial, producción, calidad, técnica y recursos humanos. Cuenta, además, con un sexto departamento, que es el de administración, que es externo a Hormicoop ya que lo comparte con la administración de la Cooperativa.

Tal como se verá en el organigrama de la página siguiente, cada departamento cuenta con divisiones internas de acuerdo a funciones específicas de cada sector.



Desde el enfoque de este trabajo es importante rescatar la relación entre el área de producción y el área de calidad, ya que esta última, brinda los parámetros y requerimientos necesarios que debe aplicar el sector productivo para garantizar la calidad de los productos terminados.

1.4. ENFOQUE DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.

Hormicoop presenta al momento de desarrollar esta práctica un sistema de gestión de calidad (SGC) en funcionamiento, con un buen caudal de información, pero también, con márgenes para realizar aportes que enriquezcan al mencionado sistema.

Para que un sistema de calidad sea eficiente y efectivo se debe contar con un programa de calidad que sea aplicable y representativo de la magnitud de producción de la empresa, además, de ajustable a las reglamentaciones y normativas vigentes, en este caso, el Reglamento CIRSOC 201:2005, Normas IRAM y especificaciones particulares del rubro.

Es importante destacar, también, que Hormicoop certifica, desde el año 2016, Norma ISO 9001:2015, la obtención del certificado de esta norma se apunala en el sistema de gestión de la calidad que periódicamente se enriquece con la retroalimentación de información recabada en los ensayos detallados en el mismo.

Lo que se pretende mediante el desarrollo de esta práctica supervisada es mejorar el SGC mediante la introducción de nuevos controles, y actualización de los existentes, adaptándolo a la reglamentación y normativas vigentes.

1.5. EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DE HORMICOOP.

El SGC de Hormicoop está dividido en tres partes:

A. Documentos estratégicos: Contiene las premisas de funcionamiento de la empresa, entre la documentación que componen esta parte podemos citar:

- Misión y visión.
- Política de la calidad. Objetivos de la calidad.

- Organigrama de la empresa.

B. Instructivos: En esta parte se detallan las formas o pasos de ejecución de los diferentes procesos que se llevan a cabo en Hormicoop. El sistema de gestión de calidad contiene las formas de proceder de más de 50 actividades de diferentes sectores de la empresa, varias de ellas redactadas para el área de calidad las cuales serán revisadas en el desarrollo de esta PS con el propósito de ajustarlas a normas y reglamentos.

El objetivo de la redacción de estos instructivos, independientemente del sector que fuese, es dejar asentado formas de proceder para realizar una actividad para que cualquier actor interviniente del sector la pueda realizar y obtener resultados uniformes más allá de quien lo ejecute.

Algunos de los procesos que se encuentran detallados, por ejemplo, para el área de calidad, son:

- IO 06. Ensayo de asentamiento cono de Abrams.
- IO 08. Control de humedad de agregados.
- IO 10. Granulometría de agregados.
- IO 33. Ensayo a compresión simple de probetas.

C. Procesos: En esta división se agrupan los manuales de proceso de cada sector con sus correspondientes registros.

Mucha de la información recabada en los procesos, oficia de base de datos para análisis estadísticos que son tomados como parámetros para la toma de decisiones futuras.

Se identifican 15 grupos de procesos distintos, algunos de ellos son, ventas, compras, control de calidad, producción, mantenimiento, recursos humanos, etc.

En lo referido a *procesos de control de calidad* se encuentra el manual de proceso que contiene los alcances y propósitos del control de calidad como así también el detalle de los documentos y registros que se deben tener en cuenta para ejecutar los mismos. Todos o casi todos los registros referidos a calidad se encontrarán mencionados en este trabajo.

1.6. POLITICA DE CALIDAD DE LA EMPRESA.

La política de calidad de la empresa se transcribe a continuación:

- *Satisfacer a nuestros clientes*, entregando productos que cumplan con los requerimientos de calidad y otros requisitos aplicables; en tiempo y cantidades acordadas.
- *Implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la calidad*, basado en procesos, teniendo en cuenta un análisis y gestión de los riesgos para alcanzar los objetivos planteados.
- *Capacitar y motivar a todo el personal de Hormicoop* para el desarrollo individual y fomentar el trabajo en equipo.
- *Optimizar los recursos y asociar a los proveedores a nuestra forma de trabajo*, para alcanzar la mejora continua en todos nuestros procesos.

- *Aplicar nuevas tecnologías y desarrollo*, con el fin de obtener nuevos clientes y crecer en el mercado.

Hormicoop destaca que cumplir con estas premisas les asegura la mejora continua de su sistema de la calidad y que esta política debe ser difundida y aplicada en todos los niveles de la organización.

1.7. CONTROL DE CALIDAD HORMICOOP.

El control de calidad se inicia con la recepción de materias primas, avanza sobre el proceso productivo y concluye con el control de calidad del producto terminado.

Se verá, mientras se avanza en el desarrollo de este informe, que definiremos cinco etapas de control de calidad que a continuación se mencionan:

1. Control de calidad sobre las materias primas.
2. Control de calidad sobre las dosificaciones.
3. Control de calidad del hormigón fresco y en estado endurecido.
4. Control de calidad sobre el proceso productivo.
5. Control de calidad sobre producto terminado.

1.8. PRODUCTOS ELABORADOS.

En Hormicoop se elaboran los siguientes productos.

- a. Columnas pretensadas de Hormigón.
- b. Accesorios.
- c. Hormigón elaborado.
- d. Lastres para lavarropas.
- e. Cercos perimetrales.

Este trabajo se enfocará en el desarrollo de los dos primeros, pues representan la actividad principal de la fábrica, así mismo, postes y accesorios constituyen una familia muy grande de productos ya que ambas piezas varían de acuerdo al número de postes que componen la estructura, el largo de la pieza y el tiro de rotura.

Si bien existe una gama de obras importantes que se pueden realizar con postes y accesorios, distinguimos como principales, la ejecución de tres tipos de obras:

A. Estaciones transformadoras.

Son aquellas que transforman el nivel de la tensión de transmisión en otro inferior de distribución (MT). En la generalidad de los casos, estas estaciones tienen dos niveles de tensión de distribución (33 kV y 13,2 kV) que conforman las redes urbanas e interurbanas o rurales.



Imagen 1.2. Estación Transformadora Las Varillas, cuyos accesorios y postes fueron provistos por Hormicoop.

B. Subestaciones transformadoras.

En el área de Distribución de energía eléctrica se introduce la denominación de Sub Estaciones Transformadoras (S.E.T.), dentro de este grupo se destacan las S.E.T. de tipo intemperie en 13,2 kV que son, por lo general, aéreas y son utilizadas fundamentalmente en zonas con redes de distribución de media tensión (MT) y baja tensión (BT) donde la demanda eléctrica es de una zona reducida como, por ejemplo, instalaciones rurales o barrios urbanos. La imagen 1.3 muestra dos modelos de estructuras SET para zonas urbanas.



Imagen 1.3. SET 415 y 421 respectivamente en la localidad de Luque

C. Líneas de transporte y distribución.

Las líneas eléctricas cumplen la función de transportar y distribuir energía eléctrica, de acuerdo a la tensión que transportan, se los clasifica en:

- *Líneas de Baja Tensión:* Son aquellas líneas de distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es hasta 1 Kv. Son ejemplo de este tipo las utilizadas generalmente para electrificación dentro de centros urbanos o en zonas rurales.
- *Líneas de Media Tensión:* Son aquellas líneas de transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior 1 Kv e inferior a 66kV. Dentro de este grupo se encuentran las líneas utilizadas para transportar energía entre subestaciones o, hasta las subestaciones o bancos de transformadores de baja tensión, a partir de los cuales, se suministra la corriente eléctrica a las ciudades.
- *Líneas de Alta Tensión:* Son aquellas líneas de transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior 66Kv y menor o igual a 200kV. Son ejemplos de estas, las líneas utilizadas para transportar energía desde las centrales generadoras a las subestaciones transformadoras.

Esta clasificación también es utilizada en planta para subdividir el sector productivo de postes, y tomada por el área de calidad para organizar mucho de sus controles.



Imagen 1.4. Estructura triple y doble para distribución de energía.

1.9. COLUMNAS PRETENSADAS.

En adelante, los llamaremos postes. Son elementos de hormigón armado y pretensados, de sección anular y forma troncocónica; con una conicidad exterior de 1,5cm/m y 1,2cm/m interior. La sección del poste está conformada por hormigón, barras de acero ADN 420S, cordones de pretensado y una armadura transversal de alambre generalmente no resistente.

Son piezas vibradas o centrifugadas y en conjunto con los accesorios, componen las diversas estructuras ya mencionadas que cumplen una función específica asociada a la generación, transporte o distribución de energía eléctrica.

1.9.1. Clasificación.

La IRAM 1605 y la ET4 de EPEC clasifican los postes de acuerdo a su longitud y tiro de rotura equivalente en la cima en:

- Poste de Baja Tensión (BT):
 - Longitud nominal del poste: desde 7,50m a 8,50m.
 - Carga de rotura nominal: de entre 400 daN y 3000 daN.
 - Se los emplea para líneas de distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es hasta 1 Kv.
- Poste de Media Tensión (MT):
 - Longitud nominal del poste: desde 9,00m a 17,00m.
 - Carga de rotura nominal: de entre 400 daN y 3750 daN.
 - Se los emplea para líneas de transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior 1 Kv e inferior a 66kV.
- Poste de Alta Tensión (AT):
 - Longitud nominal del poste: desde 17,00m
 - Carga de rotura nominal: desde 3750 daN.
 - Se los emplea para líneas de transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior 66Kv y menor o igual a 200kV.

1.10. ACCESORIOS.

Dentro de este grupo se engloban todos los productos de hormigón que componen las estructuras y que no son postes, pero que están montados sobre estos.

Tal como se vio oportunamente en las imágenes de las diferentes estructuras, existe una gran familia de accesorios de acuerdo a la estructura a la que se refiera y a una determinada función.

Aquí los accesorios los podemos clasificar como accesorios de estaciones transformadoras, de subestaciones y de línea de distribución de energía, sin embargo, muchos de ellos se utilizan, con alguna salvedad, en más de un tipo de estructura.

A diferencia de los postes, los accesorios no son pretensados, sino que están compuestos únicamente por armadura de tipo ADN 420S.



Imagen 1.5. Vista panorámica de la playa de acopio de la fábrica.

1.11. NORMATIVAS – REGLAMENTACIONES – ESPECIFICACIONES.

Los postes están reglamentados específicamente por Norma IRAM 1605 “Postes de hormigón pretensado, de sección anular y de forma troncocónica, para soportes de instalaciones aéreas” y por normativas de las empresas provinciales que tienen a cargo la generación, comercialización y distribución de energía; en el caso de Córdoba, la Empresa Provincial de Energía Córdoba (EPEC) que además, es una referente en el desarrollo de normativas vinculadas a la materia, para el caso de postes, especifica el cumplimiento de la ET4 “Postes y crucetas de hormigón armado”.

Respecto a accesorios, se mantienen las consideraciones planteadas para el caso de postes, con la salvedad de que para accesorios de distribución de energía se ajusta a la Normas IRAM 1720 “Ménsulas y crucetas de hormigón armado para líneas de baja y media tensión”.

En lo referido a cálculos estructurales y otras consideraciones técnicas deben cumplir las especificaciones y metodología de cálculo del reglamento CIRSOC 201:2005.

CAPITULO 2: CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS.

2.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo, se desarrollará el Programa de Control de Calidad sobre las materias primas utilizadas en la fabricación de postes y accesorios. Los insumos constituyen el primer eslabón del control de calidad, que atraviesa el proceso productivo y culmina con la verificación del producto terminado.

Si bien existen ensayos, que al momento de iniciar la PS ya formaban parte del SGC, se agregaran otros, frutos de la investigación realizada durante el desarrollo de esta práctica.

Al momento de definir un programa de control es necesario establecer cuáles son los tipos de ensayos a ejecutar según sea la materia prima en cuestión, la periodicidad con que se deben realizar los mismos, y el registro donde se deben asentar los resultados obtenidos para dar trazabilidad a los controles.

Los criterios de aceptación o rechazo de cada materia prima se definen en base a lo establecido el Reglamento CIRSOC 201: 2005 y Normas IRAM correspondientes.

2.2. TIPOS DE CONTROLES.

Para eficientizar tarea, se trabajará con tres modos de control. Estos son:

- *Controles visuales:* Son aquellos controles internos, que realiza el área de calidad de Hormicoop sobre las materias primas, al momento del arribo de estas, a la planta, y a modo de verificar el estado general de las cargas y garantizar que no existe ninguna no conformidad que dé motivo a potenciales rechazos de una determinada partida.
- *Controles de laboratorio:* Son controles que se realizan en el Laboratorio de Hormicoop, son generalmente ensayos de rutina, y de los que el laboratorio, cuenta con el instrumental para realizarlo.
- *Controles externos:* Son ensayos específicos que se realizan para verificar el cumplimiento de requisitos a lo largo del tiempo, y que normalmente, no deberían variar, estos ensayos se realizan en forma anual y en laboratorios externos del rubro.

2.3. LAS MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas utilizadas en el proceso productivo, y sobre los que se desarrollará el Programa de Calidad, son:

Materias Primas			
<i>Agregados</i>	<i>Cemento</i>	<i>Agua</i>	<i>Acero</i>
Arena Paraná	CPN		Barras ADN 420S
Arena gruesa	CPP		Barras AL 220
Triturado 3/8			Cordones y trenzas de pretensado
Triturado 6/19			Alambre de acero
			PAT

2.4. AGREGADOS FINOS.

El Reglamento CIRSOC 201:2005 define como agregado fino a aquel material que pasa en su totalidad a través del tamiz IRAM 9,5mm (3/8), que casi en su totalidad pasa por el tamiz IRAM 4,75mm (Nº4) y que es retenido predominantemente en el tamiz IRAM 75µm (Nº200).

Los agregados finos que Hormicoop emplea en la producción de hormigón son:

- A. *Arena fina*: este agregado, que es obtenido del Rio Paraná, en las inmediaciones de la ciudad de Rosario, tiene por función completar la granulométrica de los agregados componentes de la dosificación, y dar trabajabilidad al pastón para mejorar la terminación superficial de las piezas, tanto de postes como de accesorios. Esta arena, al igual que el resto de los agregados, se almacena en boxes, como el que se muestra en la imagen 2.1.



Imagen 2.1. Box de agregados finos de Hormicoop.

Con un módulo de fineza de 2,09, se hace necesario combinar este agregado, con arena gruesa para superar el valor mínimo de 2,30 de MF definido en el CIRSOC para los agregados finos.

Se muestra a continuación, en la figura 2.2, la curva granulométrica de este agregado en conjunto con las curvas de referencia A, B y C definidas en la Norma IRAM 1534.

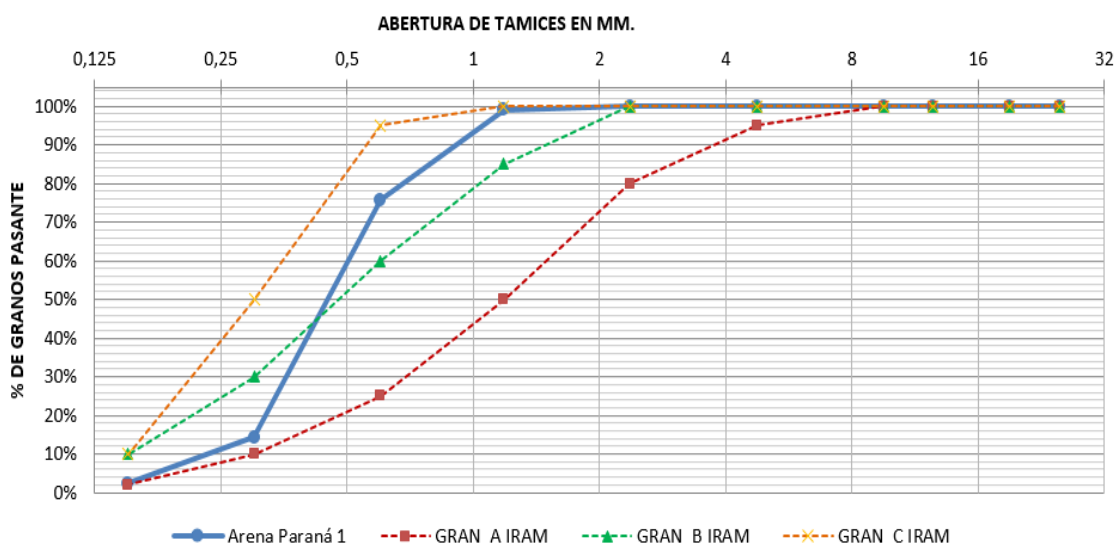


Imagen 2.2. Curva granulométrica arena fina.

B. Arena Gruesa: Este agregado se obtiene del lecho del Rio Xanaes de canteras de la zona rural de la localidad de Capilla del Carmen. Tiene las mismas funciones en la dosificación que la arena fina. En la imagen 2.3 se muestra el box donde se acopia arena gruesa en Hormicoop.



Imagen 2.3. Box de acopio de arena gruesa.

El módulo de fineza de esta arena es de alrededor de 3.4, valor que está por encima del valor máximo de 3.1 indicado en el Reglamento CIRSOC, motivo por el cual, en las dosificaciones, se la combina en partes iguales con arena fina logrando un MF del orden de 2.7. Presenta la curva granulométrica que se muestra en la imagen 2.4. donde, al igual que el caso anterior, se las compara con las curvas de referencia detalladas en la IRAM 1534.

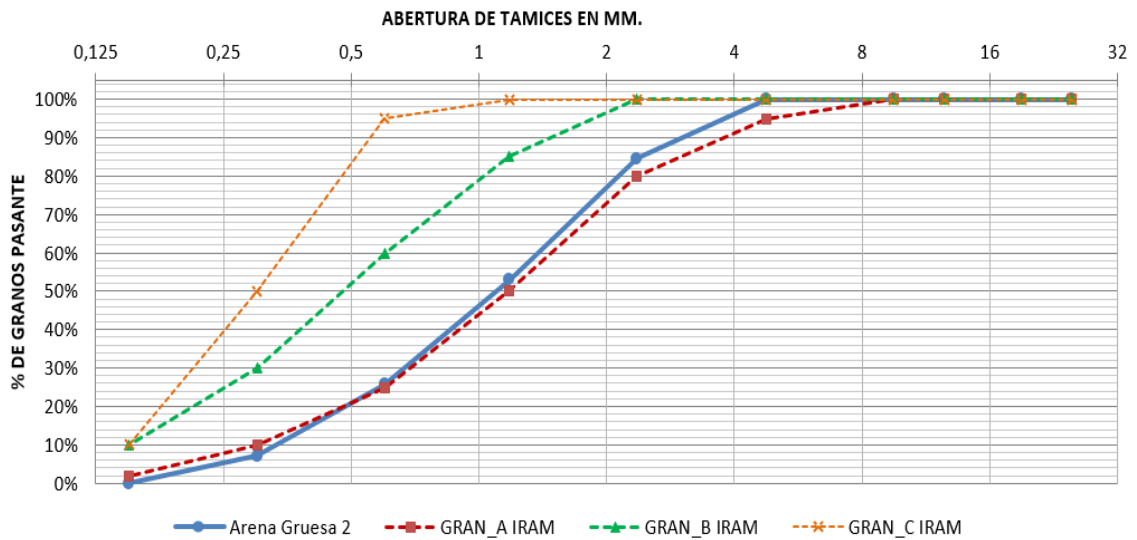


Imagen 2.4. Curva granulométrica de la arena gruesa.

2.5. AGREGADOS GRUESOS.

Se define como agregado grueso a aquel material retenido en el tamiz IRAM 4,75mm; el Reglamento CIRSOC aclara también, que todo agregado grueso debe estar constituido por gravas (canto rodado) naturales o partidas, roca partida o por una mezcla de dichos materiales.

Los agregados gruesos que se emplean en la producción de Hormicoop son:

- A. *Triturado 3/8*: Este agregado es abastecido por canteras San Agustín S.A, es producto de la trituración de rocas, y dispone de una granulometría comprendida entre 2.36mm y 9.5mm de arista. Este agregado se usa en todas las dosificaciones ya sea solo o acompañado por triturado 6/19. La imagen 2.5 muestra el acopio de este triturado en la playa de acopio de Hormicoop.



Imagen 2.5. Box de acopio de triturado 3/8mm.

Este agregado presenta un módulo de fineza del orden de 5.8 con una distribución granulométrica que se ajusta perfectamente a los requerimientos detallados en Norma IRAM, y que figuran como requisito en el Reglamento CIRSOC. Dicha curva se muestra a continuación, en la imagen 2.6.

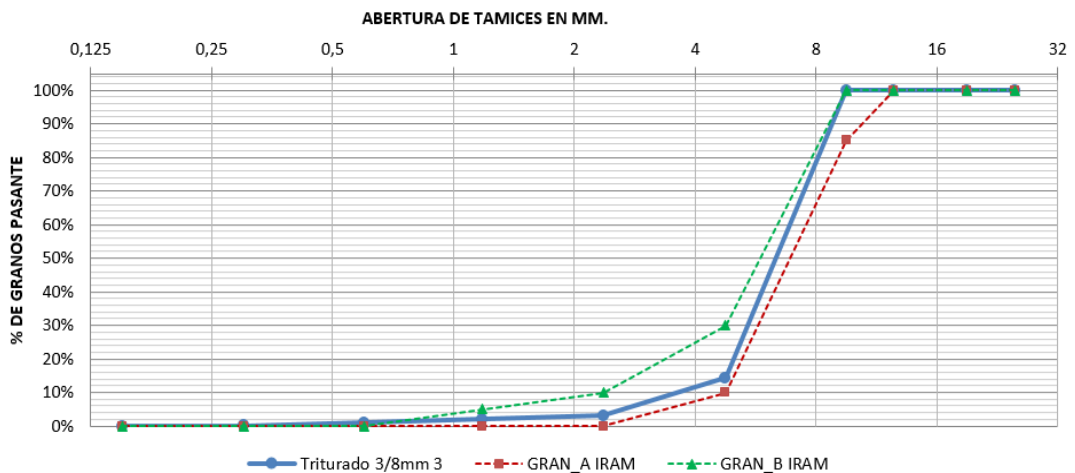


Imagen 2.6. Curva granulométrica triturado 3/8mm.

B. *Triturado 6/19*: Este agregado también es provisto por Canteras San Agustín, está conformada por granos comprendidos entre las 4.75mm y los 19mm, a diferencia del triturado 3/8mm, se utiliza solo en las dosificaciones de media y alta tensión donde los espesores de las paredes del molde son mayores admitiendo mayor tamaño máximo de los granos. El acopio de este agregado se muestra en la imagen 2.7.



Imagen 2.7. Box de acopio de triturado 6/19mm.

El triturado 6/19mm presenta un módulo de fineza de 7.1, con una distribución granulométrica mostrada en la imagen 2.8, donde, al igual que el triturado 3/8, se ajusta a las dos curvas IRAM de referencia.

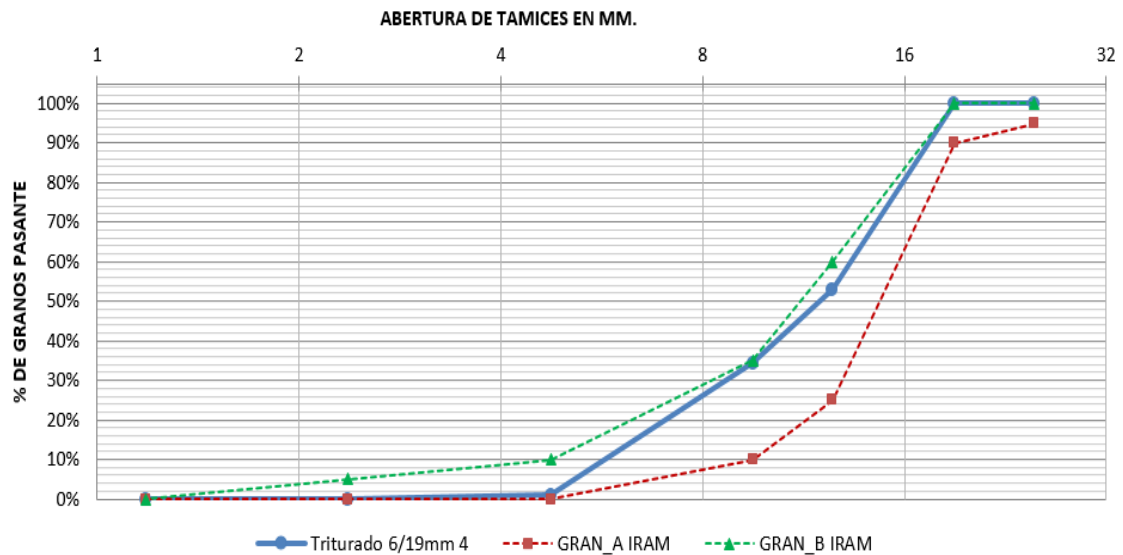


Imagen 2.8. Curva granulométrica triturado 6/19mm.

2.6. CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

2.6.1. Controles visuales.

Los controles visuales que se realizan sobre los agregados son los siguientes:

1. *Materia Orgánica.*

En estos controles se debe estudiar la no existencia de materia orgánica que puede ser de dos tipos, considerando su procedencia:

- Derivados de vegetales: hojas, resto de troncos o ramas, semillas, etc.
- Derivados de animales: caracoles, ostras o conchillas.

2. *Sustancias nocivas.*

Las sustancias nocivas que se deben controlar en los agregados utilizados en la producción de Hormicoop, al igual se pueden dividir en:

- Derivados de partículas de suelo: polvo, arcilla, materias carbonosas, chert, etc.
- Otras sustancias perjudiciales: pizarras, micas, fragmentos blandos, partículas cubiertas por películas superficiales.

3. *Granulometría:*

Se controla tamaño máximo de partículas, exceso de polvo y deficiencia de granos de determinado tamaño. Es un control que pretende alertar sobre faltantes en la granulometría, que requieran la ejecución de un análisis de laboratorio.

4. *Humedad:*

Este control, como el anterior, pretende controlar que los agregados no se encuentren en condición de saturados, pues se costearía como agregado, lo que en realidad es agua.

Además, estos excesos de agua implican correcciones en el software de la mezcladora por cada carga agregados a las tolvas ya que dependiendo del lugar del box que se tome el agregado, los valores de humedad serán distintos, aumentando hacia la base del acopio donde naturalmente escurre el agua, alcanzando el estado saturado, volviendo inestable el proceso de elaboración de hormigón inestable.

- **Periodicidad de los controles:** Sobre cada carga que ingresa a la planta.
- **Criterio de aceptación:**
 - *Respecto a materia orgánica y sustancias nocivas.*
 - Se acepta todo agregado que no presente restos de materia orgánica y/o sustancias nocivas.
 - Se aceptan lotes en caso de que se verifique que se trata de una contaminación mínima en un lote aislado.

En caso de existencias de algún tipo de contaminación en proporciones apreciables a simple vista se redactará una *No Conformidad* al proveedor dentro de las 24 horas posterior al ingreso de la carga a la planta. El rechazo se realiza si se comprueba que

la contaminación es masiva luego de inspeccionar superficial y en profundidad el lote en cuestión.

La imagen 2.9 es un ejemplo de agregado con materia orgánica (algas) y sustancias nocivas (terrones de arcillas) encontradas en diferentes lotes de arena gruesa que dan lugar a la redacción de una no conformidad, con aceptación del agregado debido a que se trata de una contaminación menor.



Imagen 2.9. Muestras de contaminaciones de materia orgánica y terrones de arcilla en arena gruesa.



- *Respecto a granulometría:*
 - Se acepta todo agregado que no presente granos de tamaño máximo por encima del establecido.
 - Se acepta agregado grueso que no presente cantidades de polvo en exceso.
- *Respecto a la humedad:*
 - Se acepta todo agregado incluido el que esté en estado saturado, pero se redacta una no conformidad, cuando el ensayo de laboratorio determine que el % de exceso se encuentra por encima del 5% que es el máximo fijado y se gira al área de compras de la empresa para dar conocimiento al proveedor solicitando el descuento correspondiente.

La imagen 2.10 es un ejemplo de un lote de arena gruesa tomada de la playa de agregados de Hormicoop, donde se aprecia el escurrimiento de agua desde el box de acopio. En este caso el agregado se encontraba con una humedad total, condición que se alcanzó porque el agregado fue extraído del lecho del Rio Xanaes sin el suficiente tiempo de escurrimiento, sin embargo, el lote fue aceptado, aunque se le envió la no conformidad al proveedor solicitando una nota de crédito a favor de Hormicoop.



Imagen 2.10. Arena gruesa saturada en agua.

- **Registro de información:** Se utilizará como base de datos el archivo *RP 14-01 "Control Volante" Anexo 1*, que se muestra a continuación en la Imagen 2.11, donde al completarse este último se genera el registro en el control volante propiamente dicho.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	Registro de proceso
	Registro de recepción de aridos	RP14-01 ANEXO 1
LABORATORIO DE HORMIGÓN Y MATERIALES HORMICOOP		
PLANILLA DE CONTROL INTERNO		
ÁREA DE CALIDAD		

Fecha de ingreso	Coo.	MATERIAL	Inspección visual				OBS.
			Organicos	Nocivos	Granulometría	Humedad	
06/01/2020	4	Piedra 6/19mm	OK	OK	OK	OK	Conforme
06/01/2020	3	Piedra 3/8mm	OK	OK	OK	OK	Conforme
06/01/2020	3	Piedra 3/8mm	OK	OK	OK	OK	Conforme
07/01/2020	1	Arena Fina	OK	OK	OK	OK	Conforme
07/01/2020	3	Piedra 3/8mm	OK	OK	OK	OK	Conforme
07/01/2020	2	Arena Gruesa	OK	OK	OK	OK	Conforme

Imagen 2.11. Ejemplo de RP 14-01 Anexo 1.

2.6.2. Ensayos de laboratorio.

1. Granulometría.

La granulometría de un agregado es la distribución de los tamaños de las partículas que lo componen, y es determinado por medio del análisis de los tamices, por los cuales el material pasa o que queda retenido, en forma acumulada.

La granulometría es la característica más influyente en la cantidad de cemento que se requiere en el hormigón para alcanzar una determinada trabajabilidad. Considerando que el cemento es, de los componentes del hormigón, el más oneroso, se tiende a

minimizar su uso sin afectar la mencionada trabajabilidad, y la resistencia y durabilidad del hormigón, para ello es necesario que los agregados contengan partículas de todos los tamaños, esta distribución requerida da como resultado una curva granulométrica suave sin quiebres bruscos.

- **Periodicidad de los controles:** Semanal.
- **Normativa de referencia:**
 - Extracción de muestras: IRAM 1509 “Agregados para hormigones. Muestreo”.
 - Ensayo de granulometría: IRAM 1505:2005 “Agregados. Análisis Granulométrico”.
 - Instructivo de proceso: IO15 del SGC Hormicoop.
- **Requisitos para la aceptación de un agregado fino:**
 - El módulo de finura debe ser igual o mayor que 2,3 e igual o menor que 3,1.
 - Debe tener una granulometría continua, comprendida dentro de los límites que determinan las granulometrías A y B o en su defecto la C, detalladas en la Tabla 3.3 del Reglamento CIRSOC 201:2005.
- **Requisitos para la aceptación de un agregado grueso:**
 - Debe tener una granulometría comprendida dentro de los límites que para cada tamaño nominal se indican en la Tabla 3.5, del Reglamento CIRSOC 201:2005.
 - El tamaño máximo nominal del agregado grueso debe ser menor que:
 - 1/3 del espesor de la pared del poste o accesorio, o 1/5 de la menor dimensión lineal en cualquier otro elemento estructural.
 - 3/4 de la mínima separación libre horizontal o vertical entre dos barras contiguas de armaduras, o entre grupos de barras paralelas en contacto que actúen como una unidad.
- **Registro de Información:** Registro de proceso RP14 -22 “Análisis Granulométrico” del SGS.

En la imagen 2.12 se muestra un ejemplo de este RP correspondiente a los agregados finos (Arena Fina + Arena Gruesa), ambos agregados empleados en partes iguales en cualquiera de las dosificaciones utilizadas.

Este RP surge como una mejora del SGC de Hormicoop, en dicho archivo, que se opera de forma digital, se cargan como datos de entrada, la masa retenida en cada tamiz y luego en otra solapa, se generan las curvas granulométricas de cada agregado en particular, de las partes finas y gruesas por separado, y la granulometría total de las dosificaciones empleadas, además, todas ellas se pueden comparar con las curvas límites definidas según los requisitos detallados en el CIRSOC. Este archivo brinda, además, el módulo de fineza de cada una de las curvas granulométricas trazadas.

La no verificación de algún porcentaje de agregado pasante en este RP, no implica necesariamente, rechazo del agregado, incluso el mismo CIRSOC contiene excepciones a esta situación, sin embargo, llama a prestar atención a la variación

en la resistencia del hormigón por posibles deficiencias en el contenido de cemento producto de una mala graduación en la granulometría.


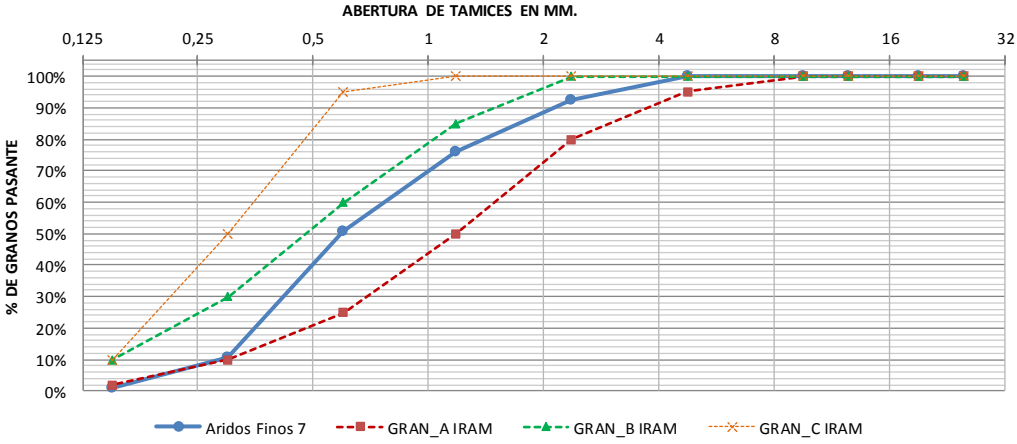
		Sistema de Gestión de la Calidad				Registro de proceso		
		"Análisis Granulométrico"				RP14-22		
LABORATORIO DE HORMIGÓN Y MATERIALES HORMICOOP								
GRANULOMETRÍA TOTAL - IRAM 1627:1997								
Aridos Finos						7		
						FECHA DEL ENSAYO:		
						16/07/2020		
DOSIFICACIÓN DE ARIDOS								
ÁRIDO	Arena Fina Paraná	Arena Gruesa	Triturado 3/8mm	Triturado 6/19mm	TOTAL			
Porcentajes	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100%			
						Límites IRAM 1627		
TAMIZ	MASA	ACUMULADOS			GRAN_A IRAM	GRAN_B IRAM	GRAN_C IRAM	VERIFICA
Numeración	Abertura (mm)	Retenido (gr)	Retenido (%)	Pasante (%)				
1" 1/2	37,5	0	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	SI
1"	25	0	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	SI
3/4"	19	0	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	SI
1/2"	12,5	0	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	SI
3/8"	9,5	0	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	SI
4	4,75	0	0,00%	100,00%	95,00%	100,00%	100,00%	SI
8	2,36	77	7,70%	92,30%	80,00%	100,00%	100,00%	SI
16	1,18	163	23,95%	76,05%	50,00%	85,00%	100,00%	SI
30	0,6	253	49,25%	50,75%	25,00%	60,00%	95,00%	SI
50	0,3	401	89,30%	10,70%	10,00%	30,00%	50,00%	SI
100	0,15	95	98,80%	1,20%	2,00%	10,00%	10,00%	ATENCIÓN
PT 100		12	100,00%	0,00%				
Total (gr)		1000						
C. CURVA GRANULOMÉTRICA								
								
D. MÓDULO DE FINURA		2,69	Limite Inferior 2,30	Limite Superior 3,10	VERIFICA			
Responsable del Control				Superviso:				
Hernán Asinari				Lucas Ferreyra				

Imagen 2.12. Ejemplo de RP 14-22 "Análisis granulométrico"

2. **Humedad superficial agregados finos:** es el agua en exceso que tiene el agregado con respecto a su estado saturado y superficie seca.

Esta existencia de agua en la muestra es, en realidad, agua que se le está aportando a la dosificación y que por lo tanto se debe descontar al agua de mezclado, para ello el software del equipo hormigonero, con el propósito de mantener la relación A/C, cuenta con una ventana de diálogo en la que se carga la humedad porcentual de los agregados que es relevada periódicamente, y que luego se corrige en forma automática el agua de amasado de todas las dosificaciones.

Desarrollamos a continuación las características del programa de control de calidad sobre la humedad superficial de los agregados:

- **Periodicidad:**
 1. *Diarios.* Al comienzo de cada turno de trabajo, previo a que se realice la reposición de agregados de las tolvas. En este caso la variación de humedad está dada, además de por su origen, por la exposición del agregado a condiciones ambientales. Los valores que se obtienen de este ensayo son los que se ingresan al software de la hormigonera.
 2. *Aleatoriamente sobre las cargas.* Estos controles se realizan en forma aleatoria y diaria, sobre las cargas de agregados que ingresan a la planta en complemento con el control visual de humedad que se realiza sobre cada carga. El propósito es verificar que el contenido de humedad no supere los valores máximos definidos.

Valores por encima del límite dan lugar a una *No Conformidad* al proveedor que deberá ser notificado dentro de un plazo máximo de 48hs de recibida la carga en planta.
- **Normativa de referencia:**
 - IRAM 1520 Agregados finos. Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua.
- **Requisitos para la aceptación de la humedad del agregado:** Sobre cada lote de agregado fino que ingresa a la planta se admite un contenido máximo de humedad del 5%, al momento que se descarga del transporte. Este límite máximo se establece con fines económicos, ya que se estaría abonando por agregado lo que en realidad es agua.
- **Registro de Información:** Planilla de Registro de Proceso RP14-01 “Control Diario” Anexo 5.

2.6.3. Ensayos externos.

Los ensayos de este tipo se realizan en Laboratorios externos a Hormicoop, dedicados a este rubro, como, por ejemplo, el Laboratorio de Estructuras de la FCEfyN. Son ensayos cuya ejecución requieren de instrumental específico y condiciones particulares que Hormicoop no dispone, además, la obtención de resultados requiere de un tiempo prolongado, son ensayos que se realizan en forma anual con los siguientes propósitos:

1. Validar la calidad de los materiales empleados en la producción y tener registro de los mismos.
2. Verificar las condiciones de un nuevo agregado que se desea incorporar al proceso productivo.

3. Cuando hay dudas o se redactan No Conformidades o rechazos en el control visual y de laboratorio, sobre la condición de algún agregado utilizado en el proceso productivo.

▪ **Periodicidad:** Semestral.

▪ **Ensayos:**

a. *Para determinar existencia de Materia Orgánica:*

Ensayo de índice colorimétrico según Norma IRAM 1647, y contraprueba con un ensayo comparativo de resistencia de probetas de mortero plástico según Norma IRAM 1622.

b. *Para determinar existencia de sustancias nocivas en agregados finos.*

La presencia de sustancias nocivas que afectan algunas de las propiedades del hormigón a la que se hace referencia son las detalladas en la Tabla 2.1 extraída del Reglamento CIRSOC 201:2005, en dicha tabla se establecen los valores límites máximos y el método de ensayo a aplicar en cada caso según sea agregados finos o gruesos.

Tabla 2.1 Sustancias nocivas – Reglamento CIRSOC 201:2005

Sustancias Nocivas	Máximos admisibles (%)		Método de ensayo
	Agregado Fino	Agregado Grueso	
Terrones de arcilla y partículas friables.	3%	2%	IRAM 1647
Finos que pasan el Tamiz IRAM 75 µm	5%	1%	IRAM 1540
Materias carbonosas	0,5%	0,5%	IRAM 1647
Sulfatos solubles, expresado como SO ₃	0,1%	0,075%	IRAM 1647
Ftinitas (Chert) como impureza			IRAM 1647
- En exposiciones C1 y C2	-	1,0%	
- En climas distintos a las exposiciones C1 y C3	-	2,0%	
Otras sales solubles	1,5%	1,5%	IRAM 1648
Otras sustancias perjudiciales	2%	5%	IRAM 1649
Cloruros solubles	Se determina sobre hormigón endurecido		IRAM 1857

c. *Para verificar la estabilidad frente a una solución de sulfato de sodio.*

Se realiza de acuerdo a Norma IRAM 1525 tanto para agregados finos como gruesos, la condición de aceptación es la siguiente:

- *Para agregados finos:* La fracción del agregado fino que queda retenida sobre el tamiz IRAM 300 µm debe tener una pérdida de masa menor del 10 %, luego de 5 ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio (Norma IRAM 1525).
- *Para agregados gruesos:* El agregado grueso tendrá una pérdida de masa igual o menor que el 12 % luego de ser sometido a 5 ciclos alternados de inmersión y secado en una solución saturada de sulfato de sodio, de acuerdo con la norma IRAM 1525.

En caso de no verificar los requisitos de los puntos anteriores se debe realizar ensayos de congelación y deshielo, de acuerdo con la norma IRAM 1661, sobre hormigones de características similares a los que se emplearán en obra, elaborados con el agregado en estudio. El comportamiento del agregado fino será satisfactorio si el factor de durabilidad es igual o mayor que el 80 %.

2.6.4. Resumen controles sobre agregados.

Controles	Tipo de Control		
	INTERNOS		EXTERNOS
	<i>Visual</i>	<i>Laboratorio</i>	
1. Materia Orgánica	✓	<input type="checkbox"/>	✓
2. Sustancias nocivas	✓	<input type="checkbox"/>	✓
3. Humedad superficial	✓	✓	<input type="checkbox"/>
4. Granulometría	✓	✓	<input type="checkbox"/>
5. Estabilidad frente a la solución de sulfato de sodio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	✓

2.7. CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO.

En Hormicoop se utilizan actualmente dos tipos de cementos, de los denominados de uso general que se encuentran encuadrados dentro de la Norma IRAM 50000.

Dichos cementos, provistos por la compañía Holcim, son:

- **Cemento Pórtland Normal (CPN 40):** Este cemento, que se produce en la Planta Yocsina en Córdoba, es utilizado para todas aquellas obras donde las condiciones del terreno donde se implanta la obra no presentan condiciones especiales referidos al ataque por parte del entorno a las estructuras, este ataque al que hacemos referencia se da principalmente en la zona empotrada, donde el poste entra en contactos con agentes nocivos para el hormigón, como por ejemplo el agua.
- **Cemento Pórtland Puzolánico (CPP 40):** Este cemento es elaborado en la Planta Capdeville de Mendoza, se utiliza en los productos cuyo emplazamiento de la obra constituye un medio agresivo para el hormigón, presentan, además, un buen desempeño a agregados potencialmente reactivos ya que contribuyen a la inhibición de la reacción álcali-sílice.

Con respecto al cemento CPN los hormigones elaborados con cementos CPP, presentan menor calor de hidratación, por lo que desarrollan resistencia en forma más lenta con evoluciones de las mismas a edades mayores.

2.7.1. Control de calidad.

El cemento, junto al acero, es de los insumos cuyo proceso de fabricación están estrictamente controlado, el proveedor envía a solicitud de cada cliente un certificado de trazabilidad de las diferentes partidas de sus productos, en la misma, tal como se explicitan los resultados de los principales parámetros del cemento.

En caso de requerir ensayos, ante una duda sobre la conservación de sus propiedades, ya sea por edad o por una posible prehidratación, los ensayos de rigor se deben realizar en laboratorios externos ya que se requieren generalmente de instrumental de precisión.

Referido a los certificados de trazabilidad, Hormicoop los solicita mensualmente al proveedor, a los efectos de tener una trazabilidad de los parámetros del cemento y archivar dentro del SGC.

Los resultados brindados por Holcim en sus certificados refieren al promedio de los resultados obtenidos en un determinado lapso de tiempo. En dichos protocolos, los ensayos que se realizan sobre el cemento se clasifican en:

- a. Análisis químicos.
- b. Ensayos físicos.
- c. Ensayos mecánicos.
- d. Ensayos especiales (solo para cemento CPP).

Mostramos a continuación un resumen con las propiedades evaluadas en cada caso, con el método o norma IRAM a aplicar y los valores límites correspondientes según cada análisis.

Tabla 2.2 Análisis químico del cemento.

	Unidad	Cemento CPN	Valor límite	Cemento CPP	Valor límite	Norma de aplicación
A. ANALISIS QUÍMICO						
1. Trióxido de azufre (SO ₃)	gr/100gr	✓	≤ 3,5	✓	≤ 3,5	IRAM 1504
2. Perdida de calcinación	gr/100gr	✓	≤ 5	✓	≤ 9	IRAM 1504
3. Residuo insoluble	gr/100gr	✓	≤ 5	✓	≤ 50	IRAM 1504
4. Cloruro	gr/100gr	✓	≤ 0,10	✓	≤ 0,10	IRAM 1504
5. Oxido de magnesio (MgO)	gr/100gr	✓	≤ 6	✓	≤ 6	IRAM 1591
6. Coeficiente puzolánico	gr/100gr	-	-	✓	≤ 1	IRAM 1651

Notar que para el cemento CPP tenemos un ítem denominado “Coeficiente Puzolánico” este parámetro es específico de los cementos CPP y se estima para verificar si la puzolana presente en el cemento tiene la actividad adecuada para combinarse con el hidróxido de calcio disponible en el cemento.

Tabla 2.3 Ensayos físicos del cemento.

	Unidad	Cemento CPN	Valor límite	Cemento CPP	Valor límite	Norma de aplicación
B. ENSAYOS FÍSICOS						
1. Retenido tamiz 75 µm	%	✓	≤ 15	✓	≤ 15	IRAM 1621
2. Sup. Especifica de Blaine	m ² /Kg	✓	≥ 250	✓	≥ 250	IRAM 1623
3. Expansión en autoclave	%	✓	≤ 0,80	✓	≤ 0,80	IRAM 1620
4. Tiempo de fraguado inicial	minutos	✓	≥ 60	✓	≥ 60	IRAM 1619


Tabla 2.4 Ensayos mecánicos del cemento.

		Unidad	Cemento CPN	Valor límite	Cemento CPP	Valor límite	Norma de aplicación
C. ENSAYOS MECÁNICOS							
Resistencia a la compresión	2 días	Mpa	✓	≥ 10	✓	≥ 10	IRAM 1622
	28 días	Mpa	✓	≥ 40 y ≤ 60	✓	≥ 40 y ≤ 60	

Tabla 2.5 Ensayos especiales del cemento CPP.

		Unidad	Valor límite	Norma de aplicación
D. ENSAYOS ESPECIALES CEMENTO CPP				
Composición potencial del clinker	Aluminato de calcio C ₃ A	%	≤ 5	IRAM 1591
	Ferroaluminato de calcio FA ₄ C+C ₃ A	%	≤ 22	

En la imagen 2.13 de a continuación se muestra el protocolo de ensayo de cemento CPN 40 emitido por Holcim sobre las partidas de cemento comprendida en el mes de mayo del 2020.



Centro de Desarrollo e Innovación
Coordinador de Laboratorio

Holcim (Argentina) S.A.
Casilla de Correo 16 X5101ACE
Malagueño - Córdoba
Tel: +5493515227164

Protocolo de ensayos físicos, químicos y mecánicos

Producto:	CPN40		
Despacho:	Granel		
Origen:	Planta Yocsina, Córdoba		
Autor:	Gisela Rodriguez Blason		
Fecha de Reporte:	03-06-20		
Periodo de análisis:	desde:	01-05-20	hasta: 01-06-20

Análisis químicos	Unidad	Valor medio	Requisitos IRAM 50000
Trióxido de azufre (SO ₃) (IRAM 1504)	g/100g	3.29	≤ 3,5
Perdida por calcinación (IRAM 1504)	g/100g	2.77	≤ 5
Residuo insoluble (IRAM 1504)	g/100g	1.95	≤ 5
Cloruro (IRAM 1504)	g/100g	0.05	≤ 0.10
Oxido de magnesio (MgO) (IRAM 1591-1)	g/100g	3.39	≤ 6


Ensayos físicos	Unidad	Valor medio	Requisitos IRAM 50000
Retenido tamiz 75µ (IRAM 1621)	%	0.77	≤ 15,00
Superficie específica Blaine (IRAM 1623)	m ² /kg	369	≥ 250
Tiempo de fraguado inicial (IRAM 1619)	minutos	147	≥ 60

Ensayos mecánicos	Unidad	Valor medio	Coefficiente de variación [%]	Requisitos IRAM 50000	
Resistencia a la compresión (IRAM 1622)	2 días	MPa	29.8	1.4	≥ 10
	28 días	MPa	49.0	0.9	≥ 40 y ≤ 60

1. La información suministrada en el presente documento corresponde al promedio de los resultados de ensayos del cemento despatchado en el período indicado

2. La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al promedio de ensayos del período anterior

Planta Yocsina tiene certificado por BVC su Sistema de Gestión de la Calidad bajo ISO 9001: 2015.



Ing. Gisela Rodriguez Blason
Coordinadora del Laboratorio
CDI Argentina

Quedan reservados todos los derechos de reproducción de este documento y apéndice a Holcim (Argentina) S.A.

Imagen 2.13. Ejemplo de protocolo de calidad del cemento.

2.7.2. Control de calidad en la conservación de las propiedades del hormigón.

Desarrollamos a continuación, los cuidados que se deben tener con el cemento para evitar procesos de prehidratación que malogren el desempeño del mismo como componente del hormigón. Los requisitos que detalla el reglamento CIRSOC 201:2005 son:

- Almacenamiento en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados, capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie.
- Verificación anual de la estanquidad de los silos no permitiendo el ingreso de agua hacia su interior.
- Organización del acopio del cemento separando por tipo, marca o partida, almacenando en forma separada y por orden cronológico de llegada, empleándolo en el mismo orden.
- Verificación del estado del cemento, constatando que no presente grumos y que su temperatura al momento de ingresar a la hormigonera sea menor de 70° C.
- En caso de almacenamientos durante períodos mayores a un año en silos metálicos con cierre hermético, o que al momento de ser usado muestre signos inequívocos de prehidratación, antes de su uso deberá ser ensayado nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos de calidad referido en los ensayos físicos, químicos, mecánicos y especiales antes detallados.

En la imagen 2.14 se muestran los tres silos utilizados en Hormicoop para el acopio de cemento, el de color anaranjado utilizado para cemento CPP, mientras que los dos restantes, de color blanco, son para el acopio de cemento CPN.



Imagen 2.14. Silos de almacenamiento de cemento en Hormicoop.

2.8. AGUA.

El contenido de agua en el hormigón adquiere una relevancia muy destacada ya que permite variar varias propiedades del hormigón como, por ejemplo, resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad.

Generalmente se acepta que, si el agua es potable, es apta para agua de lavado de agregados, de mezclado y de curado. En Hormicoop el agua utilizada es de la red de agua potable de la localidad, que, además, es provista por la Cooperativa de Servicios Públicos y Sociales Luque Ltda. mediante tres pozos de extracción distribuidos en el ejido urbano de la localidad.

2.8.1. Control de calidad.

Las reglamentaciones y normativas vigente fijan las cantidades de impurezas límites que pueden ser aceptadas, estos parámetros están fijados dependiendo del tipo de agua, tipo de hormigón y si se utilizara como agua de amasado o de curado.

Actualmente, el control de calidad del agua se realiza semestralmente verificando únicamente requisitos químicos en entidades externas a Hormicoop, mediante análisis de la calidad del agua de red para consumo humano de la localidad, que es la que se emplea para la elaboración de hormigones. Se propone, a partir de la ejecución de esta PS, agregar ensayos físicos, mediante ensayos internos en el laboratorio de Hormicoop.

A. Requisitos físicos:

Dentro de los requisitos físicos, son dos los parámetros a verificar, estos son:

A.1. Tiempo de fraguado: En el que se verifica el tiempo de fraguado inicial y final según se detalla en la Norma IRAM 1619, el ensayo básicamente consiste en preparar probetas de pasta cemento, unas amasadas con el agua en ensayo y las restantes con agua destilada o desionizada, luego se mide la penetración de una aguja de Vicat en la pasta de cemento.

La norma IRAM 1601 establece que el tiempo de fraguado inicial debe ser como mínimo de 45 minutos y no diferir en $\pm 25\%$ entre ambas muestras. Mientras que el tiempo de fraguado final debe ser como máximo de 12 horas y no diferir en $\pm 25\%$ entre la muestra amasada con agua de estudio y la amasada con agua destilada.

A.2. Resistencia a la compresión: Los ensayos de resistencia a la compresión se efectúan de acuerdo a la IRAM 1622, en este ensayo al igual que el anterior, se moldean probetas amasadas con agua de análisis y otra amasada con agua destilada.

La norma IRAM 1601 establece como condición que no se pueden producir reducciones mayores que el 10% en los valores de resistencia a compresión a 7 días, obtenidos con las probetas moldeadas con mortero con agua de análisis y con agua destilada.

Como se mencionó, estos ensayos se incorporarán al programa de control de calidad de Hormicoop luego de la realización de este trabajo ya que a la fecha no se realiza ninguna verificación de los requisitos físicos del agua considerando que si esta, es potable, es apta para el amasado del hormigón.

B. Requisitos químicos:

El control de calidad del agua se realiza en forma semestral mediante los resultados de los análisis químicos que realiza la Cooperativa sobre el agua de red.

Los requisitos químicos que se le solicitan al agua, así como sus valores límites se resumen en la imagen 2.15, que es el documento enviado a clientes junto con los certificados emitidos por la entidad que realiza el análisis, para verificar la calidad del agua. En este documento se compara los resultados de los análisis realizados en la Secretaría de Recursos Hídricos contrastándolo con los valores límites detallados en la Norma IRAM 1601.




LABORATORIO DE HORMIGÓN Y MATERIALES HORMICOOP					
INFORME REQUISITOS QUÍMICOS DEL AGUA					
IRAM 1601 : 2012 Agua para morteros y hormigones de cemento					
ÁREA DE CALIDAD					
Fecha: 13 de Febrero de 2020			Muestra N° 15491		
REQUISITOS		Unidad	Mínimo	Máximo	VALOR HALLADO
Residuo sólido	Agua recuperada de procesos de la industria del hormigón.	mg/L	*	50000	No aplicable
	Agua de otros orígenes		*	5000	No aplicable
Materia orgánica, expresada en oxígeno consumido		mg/L	*	3	0
Ph	Para su uso como agua de amasado.	*	4	*	7,9
	Para su uso como agua de curado.		6	*	
Sulfato, expresado como SO ₄ (2--)		mg/L	*	2000	117,1
Cloruro expresado como Cl ⁻	Para emplear en hormigón simple.	mg/L	*	4500	30
	Para emplear en hormigón armado.		*	1000	
	Para emplear en hormigón pretensado		*	500	
Hierro, expresado como Fe ³⁺	Para su uso como agua de curado.	mg/L	*	1	< 0,05
	Para su uso como agua de amasado.	mg/L	*	*	< 0,05
Alcalis (Na ₂ + 0,658 K ₂ O)		mg/L	*	1500	164
<p>NOTA: El presente informe fue redactado en base a la TABLA 1-Requisitos químicos del agua de mezclado y amasado Norma IRAM 1601:2012 en tanto que los valores hallados fueron obtenidos del Análisis de la calidad del agua realizado por el Laboratorio de Agua de La secretaria de Recursos Hídricos a solicitud de la Cooperativa de servicios Públicos y Sociales Luque Ltda., proveedora del agua de red para consumo humano, y que es la misma que utiliza HORMICOOP en la elaboración de Hormigón.</p>					
 Hernán Asinari Responsable de Laboratorio					
Certificados Norma ISO 9001:2015					

Imagen 2.15. Certificado de requisitos químicos del agua.

2.9. ACEROS.

En Hormicoop distinguiremos 4 tipos de aceros aplicados a la producción de postes y accesorios, estos son:

- Barras ADN 420S Ø25, 20, 16, 12, 10,8 y 6mm.
- Barras AL 220 Ø10mm
- Cordones de pretensados: Trenzas 3x3 C1750 – Cordón 1x7 C1950
- Alambres.

Para todos los casos, el proveedor de estos aceros es Arcelor Mittal ACINDAR.

Su función dentro de las piezas se explicará en el capítulo 6 “Control de calidad del proceso productivo”.

El Reglamento CIRSOC 201: 20005 menciona que estos aceros deben cumplir las siguientes Normas, según sea cada caso:

IRAM-IAS U 500-03 Cordones de siete alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado.

IRAM-IAS U 500-07 Cordones de dos o tres alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado.

IRAM-IAS U 500-528 Alambres de acero conformados para estructuras de hormigón pretensado.

IRAM-IAS U 500-245 Alambres de acero conformados para estructuras de hormigón pretensado.

IRAM-IAS U 500-517 Alambres de acero liso para estructuras de hormigón pretensado.

2.9.1. Control de calidad.

Distinguiremos, para todos los aceros mencionados, dos tipos de controles de calidad:

- Control de calidad mediante certificados emitidos por el proveedor.
 - Control de calidad sobre los insumos recibidos.
- A.** Control de calidad mediante *CERTIFICADO DE CALIDAD*: Expedido por el proveedor, a nombre del cliente, referido a uno o varios lotes en particular, donde garantizan el cumplimiento de las condiciones detallada en cada Norma IRAM según sea el caso.

Cada paquete cuenta con una etiqueta identificatoria donde se especifica, entre otros datos, el tipo y diámetro de barra, el peso del paquete y el número de colada y lote que coincide con los certificados de calidad enviados junto con la carga.

Ya se mencionó que los procesos productivos de obtención del cemento y el acero son procesos rigurosamente controlados, por ello el control de calidad de estas materias se realiza mediante certificado de calidad sin necesidad de recurrir a ensayos externos para verificar sus propiedades.

Mostramos, a continuación, en la imagen 2.16, un certificado de calidad expedido por ACINDAR para un lote de barras ADN 420S – 12mm.

CERTIFICADO DE CALIDAD 1/1

Acindar
Grupo AcindarMittel

Fecha: 05/03/2020 N°: 000002751797

Material / Tipo: 150M2 ADN 4305 - 12mm

Grado / Tamaño:

Orden: 82670000 Depósito: V800

Destino: 900133 COOP DE SERVICIOS PUB

Ciente

FG: Parte M1

EPO: Remita: 0381900713036

Certificamos a solicitud de: 130066 COOP DE SERV. PUBLICOS Y SOCIALES

que el material detallado anteriormente, cumple con las exigencias de calidad establecidas en la

Norma: IRAM IAS US00 - 207 - ADN420 S

O.P.: 14470749

	Min	Max	Un
TENSION ROT	500.000		MPa
TENSION FLUIE	420.000		MPa
RELACION	1.100		un
ALARGAMIENTO	12.000		%
DOBLADO			

Propiedades garantizadas.

LOTE	COLADA	LOTE	COLADA	LOTE	COLADA
2120007211	48292	2120007219	48292	2120007220	48292
2120007221	48292	2120007222	48292		

De una colada, se forman diferentes lotes, cada lote es un paquete de hierro de aprox. 2300kg, en este certificado de la colada 48292 se fabricaron al menos los 5 lotes que adquirió Hormicoop.

Observaciones:



 Firma/Sello

Imagen 2.16. Certificado de calidad expedido por Acindar.

B. Control de calidad sobre los INSUMOS propiamente dichos, estos controles son de tipo visual, y tiene por función certificar el estado de los aceros al momento de arribar a la planta.

En esta inspección se debe verificar:

- Que los lotes ingresados coincidan con los detallados en el certificado de calidad y el remito.
- Ausencia de mancha de grasa, aceite o similares.
- Ausencia de oxido, a menos que sea una película superficial que desaparezca al frotar ligeramente con un trapo seco.
- En el caso de barras ADN y AL, rectitud de las barras.

Esta inspección que se debe realizar sobre cada lote que ingrese a la planta se registra en el RP 14-01 "Control Volante" Anexo 2.

2.10. PUESTA A TIERRA (PAT).

La IRAM 1585 “Sistema constructivo de la toma a tierra en elementos de hormigón armado o pretensado para soportes de instalaciones aéreas” los define como una pieza metálica conectada galvánicamente a la varilla de toma a tierra y/o armadura activa del elemento de hormigón armado o armadura no tesa de elementos de hormigón pretensado, que tienen un agujero roscado y está dispuesta embutida y al ras de la superficie de hormigón, permitiendo su conexión eléctrica externa a un sistema de puesta a tierra.

Estas piezas, también llamadas bloquetes, son de bronce o latón para uso eléctrico, cuya conductividad debe ser igual o mayor que $14,5 \text{ S. M/mm}^2$. Debe tener un agujero pasante con rosca interior Whitworth de $12,75\text{mm} \times 12$ hilos en todo su largo, esta rosca se debe mantener estanca durante el colado del cemento, para ello, se coloca un tapón plástico fácilmente removible.

Cada bloquete se unirá mediante soldadura eléctrica con aporte de material a una barra de acero 1010 (Hierro liso AL220S) de diámetro 10mm o superior.

En la imagen 2.17 del lado izquierdo, se observa la fisonomía de un bloquete que, luego en el caso de los postes, es soldado sobre una barra de acero liso tal como se muestra en la parte de la derecha imagen.



Imagen 2.17. Puesta a tierra o bloquetes

2.10.1. Control de calidad.

Los bloquetes, al igual, que los aceros, se controlan mediante certificado de calidad y control de calidad sobre los insumos.

Para el primero de los casos el proveedor, Gonella en este caso, emite un certificado de calidad, como el que se muestra en la imagen 2.18, expedido a nombre del cliente, sobre una determinada partida que debe coincidir con la etiqueta pegada en las cajas de PAT y con la factura emitida.

En dicho certificado el fabricante realiza los ensayos pertinentes bajo Norma IRAM 1585-2008, en el mismo determina:

- Resistencia eléctrica.
- Composición del bloquete.
- Observaciones sobre el roscado.



Con ello, manifiesta el cumplimiento de las Normas IRAM referidas al insumo en cuestión, IRAM 1584,1585,1586,1605 y 1720.

En tanto, que, en la inspección visual sobre las PAT, primeramente, se verifica la coincidencia del lote entre la caja de bloquetes, el certificado y la factura, posterior a esto se inspeccionan aleatoriamente 15 unidades de cada caja donde se verifica el roscado mediante un tornillo del paso correspondiente. Efectuada la verificación se asienta el control en el *RP 14-01 "Control volante" Anexo 2*.



 GONELLA Fundiciones, Aceiteras y Bloquetes Ricardo A. Gonella Figueroa Acosta 580 - X2550DUS - Bell Ville - Córdoba Tel: (03537) 42-8217 / 41-8217 - Móvil: (03537) 15593113 info@gonella.com.ar - www.fisgonella.com.ar IVA RESPONSABLE INSCRIPTO	X DOCUMENTO CONTROLADO CON REGISTRO	CONTROL DE CALIDAD 0001-00001854																		
	Fecha: 18/06/2020 CUIT: 30-54573385-0 IVA: IVA RESPONSABLE INSCRIPTO	Ing. Brufos CM 904-25328-1 Fecha Inico Act: 19/09/1991																		
COOPERATIVA DE SERVICIOS PUBLICOS Y SOCIALES LUQUE LIMITADA INT. JUAN MIRANDA ESQ. AV. MAIPÚ O PARQ. IND. X5967 - LUQUE CÓRDOBA - ARGENTINA																				
Partida: ABBA																				
PROTOCOLO DE CONTROL El control corresponde al análisis, en cada partida producida, de la resistencia eléctrica según Norma IRAM 1585-2008 y la composición del material del cuerpo del bloque PAT.																				
1-Medición de Resistencia Eléctrica Se monta un sistema con un soporte de material SAE1010 de 10 mm de diámetro, con dos elementos de puesta a tierra separados 1 metro entre centros. La resistencia eléctrica es medida entre los bloquetes puesta a tierra mediante un milióhmetro.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura del sistema</th> <th>Resistencia medida</th> <th>Resistencia referida a 20 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>19,5 °C</td> <td>2,50 mOhm ± 0,3%</td> <td>2,51 mOhm ± 0,3%</td> </tr> </tbody> </table>	Temperatura del sistema	Resistencia medida	Resistencia referida a 20 °C	19,5 °C	2,50 mOhm ± 0,3%	2,51 mOhm ± 0,3%														
Temperatura del sistema	Resistencia medida	Resistencia referida a 20 °C																		
19,5 °C	2,50 mOhm ± 0,3%	2,51 mOhm ± 0,3%																		
2- Composición del Cuerpo del Bloquete Se analiza la composición del material del cuerpo del Bloquete puesta a tierra, los valores indicados son porcentuales.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zn</th> <th>Pb</th> <th>Sn</th> <th>P</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Ni</th> <th>Si</th> <th>Mg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>33,8000</td> <td>2,5800</td> <td>1,0700</td> <td>0,0147</td> <td>0,0720</td> <td>0,5610</td> <td>0,2740</td> <td>0,0274</td> <td>0,0002</td> </tr> </tbody> </table>	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Mg	33,8000	2,5800	1,0700	0,0147	0,0720	0,5610	0,2740	0,0274	0,0002		
Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Mg												
33,8000	2,5800	1,0700	0,0147	0,0720	0,5610	0,2740	0,0274	0,0002												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cr</th> <th>As</th> <th>Sb</th> <th>Bi</th> <th>Co</th> <th>Al</th> <th>S</th> <th>B</th> <th>Cu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,0026</td> <td>0,0284</td> <td>0,0866</td> <td>0,0062</td> <td>0,0027</td> <td>0,4960</td> <td>0,0079</td> <td>0,0007</td> <td>61,0000</td> </tr> </tbody> </table>	Cr	As	Sb	Bi	Co	Al	S	B	Cu	0,0026	0,0284	0,0866	0,0062	0,0027	0,4960	0,0079	0,0007	61,0000		
Cr	As	Sb	Bi	Co	Al	S	B	Cu												
0,0026	0,0284	0,0866	0,0062	0,0027	0,4960	0,0079	0,0007	61,0000												
3- Roscado y Observaciones: La verifica que la rosca Whitworth interior es de 12,75 mm x 12 hilos, según IRAM 5036 . Se observa que la unión del elemento soporte de diámetro 6 mm posee en la zona de contacto con el cuerpo del bloque una deformación por estampado de una forma oval, que logra al fusionarse una adherencia superior que evita movimientos axiales y/o ingreso de humedad que pueda modificar los valores de resistencia eléctrica.																				
RESULTADO: Cumple lo establecido en las Normas IRAM: 1584, 1585-2008, 1586, 1605 y 1720 .																				
El presente control de calidad corresponde a las piezas detalladas en Factura A 0002-00001043 e identificadas con el código de partida ABBA en la/s caja/s entregada/s.																				
Página 1 de 1																				

Imagen 2.18. Protocolo de control de calidad de PAT

2.11. EL REGISTRO DE PROCESO RP 14-01.

El *RP 14.01 "Control Volante"* está destinado, entre otras funciones, que se mencionarán en el desarrollo de este trabajo, a asentar diariamente los controles sobre materias primas que ingresan a la fábrica para incorporarse al proceso productivo.

Este RP fue creado mediante un archivo digital de Excel, a partir de las observaciones realizadas durante el desarrollo de esta práctica supervisada, y como una actualización del RP existente, el mismo se completa diariamente, en forma indirecta, a través de planillas anexas como las mencionadas "Anexo 1" para el control de ingresos de agregados y "Anexo 2" para el control de ingresos de aceros y puesta a tierra, entre otros anexos, tal como se puede apreciar en la imagen 2.19, en dichas solapas se ha generado un documento con las características que se debe verificar de cada insumo, las que se completan mediante un tilde (✓) si se verifica la condición, y en caso de cumplir todos los requisitos se genera automáticamente otro tilde (✓) en el RP 14-01,

caso contrario se agrega la leyenda “NC” (No Conforme) para redactar la no conformidad correspondiente. En la Imagen 2.20 se muestra un ejemplo de este archivo generado para una fecha en particular.

La creación de estas planillas, a la que se hace mención, permite un análisis estadístico de la información recolectada en un determinado periodo pudiéndose generar un índice de aceptación o rechazos de cada insumo con vistas a acentuar los controles en aquellas materias primas con mayor índice de no conformidades.

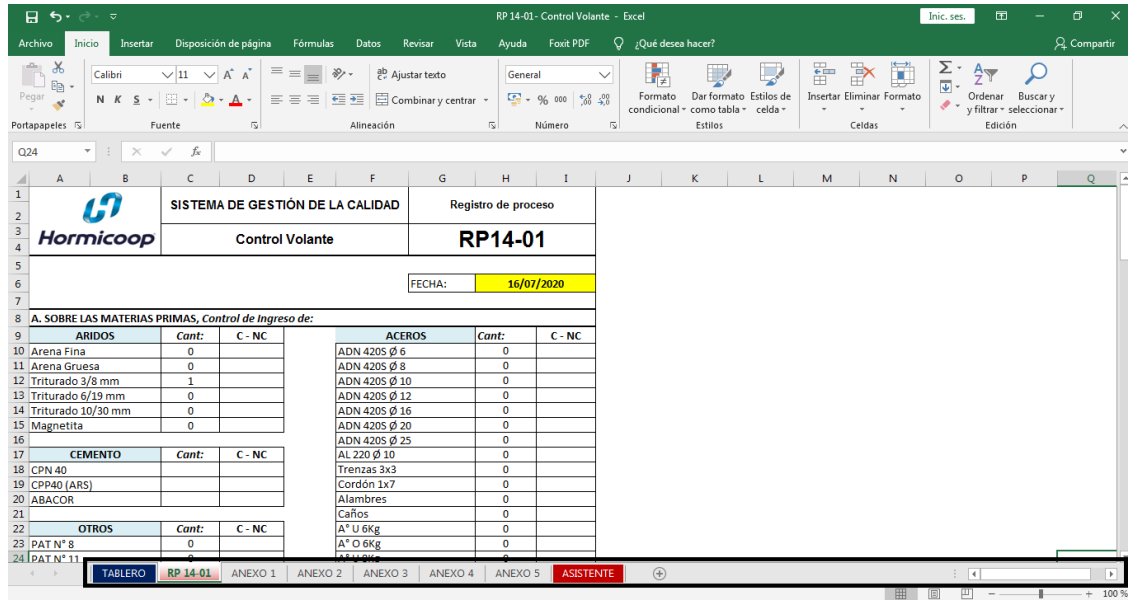


Imagen 2.19. Captura de pantalla del RP 14-01 con sus correspondientes anexos.


		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Registro de proceso	
		Control Volante		RP14-01	
				FECHA:	16/07/2020
A. SOBRE LAS MATERIAS PRIMAS, Control de Ingreso de:					
ARIDOS		Cant:	C - NC	ACEROS	
Arena Fina	0			ADN 420S Ø 6	0
Arena Gruesa	2		✓	ADN 420S Ø 8	0
Triturado 3/8 mm	1		✓	ADN 420S Ø 10	0
Triturado 6/19 mm	1		✓	ADN 420S Ø 12	5
Triturado 10/30 mm	0			ADN 420S Ø 16	0
Magnetita	0			ADN 420S Ø 20	0
				ADN 420S Ø 25	0
CEMENTO		Cant:	C - NC	AL 220 Ø 10	0
CPN 40	0			Trenzas 3x3	2
CPP40 (ARS)	0			Cordón 1x7	0
ABACOR	0			Alambres	0
				Caños	0
OTROS		Cant:	C - NC	A° U 6Kg	0
PAT N° 8	0			A° O 6Kg	0
PAT N° 11	0			A° U 8Kg	0
Aditivos	0			A° O 8Kg	0
Separadores	0				
Observaciones:					

Imagen 2.20. Fragmento del RP14-01 “Control Volante” donde se asientan los controles que se realizan sobre los insumos.

CAPITULO Nº 3: VERIFICACIONES DE LAS DOSIFICACIONES DE HORMIGÓN.

3.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se explicarán las verificaciones que deben satisfacer las dosificaciones de hormigón empleadas en la producción de columnas y accesorios. Se explica, además, los lineamientos a seguir en caso de incorporar nuevas dosificaciones.

El objetivo principal al momento de diseñar una dosificación es el de encontrar una combinación de materiales disponibles en el entorno para lograr determinadas condiciones en el hormigón con la mayor economía posible.

Es importante distinguir entre dos conceptos que, aunque parezcan similares tienen distintos enfoques:

Diseño de mezcla: es el proceso para determinar las propiedades requeridas o especificadas de un hormigón, por ejemplo, resistencia característica, asentamiento, tamaño máximo del agregado, relación a/c, etc.

Proporcionamiento de la mezcla: es el proceso de determinar las cantidades de los distintos materiales componentes del hormigón para determinados requisitos establecidos en el diseño de la mezcla.

Los factores principales para considerar en el diseño de hormigón son:

- Respecto al estado fresco: la trabajabilidad, la cohesión, etc.
- Respecto al estado endurecido: resistencia mecánica, durabilidad, etc.
- Respecto a la economía: el costo.

3.2. DOSIFICACIONES HORMICOOP.

Hormicoop utiliza 7 dosificaciones distintas para satisfacer distintas condiciones de diseño, las mismas se diferencian por tamaño máximo del agregado grueso, relación a/c, (trabajabilidad), contenido de cemento (resistencia a compresión) y tipo de cemento (durabilidad).

Si bien, como se mencionó, son 7 las dosificaciones empleadas, se la puede agrupar en 4 tipos considerando las líneas de producción en cuestión:

- *Dosificación para accesorios:* Para hormigones colados sobre mesas vibratoras con asentamiento cero o próximo a este, la necesidad de que el asentamiento sea nulo radica en la necesidad de repetir el ciclo de llenado de la pieza. Es una dosificación con alto contenido de agregados finos con el propósito de facilitar las terminaciones superficiales y aristas vivas difíciles de lograr por tratarse de un hormigón seco.

Una adaptación de esta dosificación es la que se utiliza para hormigones colados en piso donde se trabaja con una consistencia menor.

- *Dosificación para postes de baja tensión,* debido a los 50mm de espesor de las paredes de estos postes en la zona de la cima, el agregado grueso empleado es triturado 3/8mm, con ello se evitan dificultades en el colado sobre todo en la zona de la cima, donde, además de los cordones de pretensado se encuentra la estructura de los caños (punteras) que sostiene las fases.

- *Dosificación para postes de media tensión*, en estos postes, los diámetros de cima y los espesores de las paredes de los mismos son mayores y por lo general sin punteras, por lo que se permite emplear también, un agregado grueso mayor, que es el triturado 6/19mm.
- *Dosificación para postes de alta tensión*, a diferencia de las anteriores, es una dosificación más plástica, requisito que es necesario para lograr un eficiente colado del hormigón, pues al tratarse de una gran masa de hormigón, los equipos vibratorios requieren de la colaboración de la trabajabilidad de la mezcla para compactar el hormigón, vale recordar que los postes para líneas de alta tensión se utilizan cordones de pretensado a diferencia de media y baja tensión donde se emplean trenzas, esta condición requiere en el hormigón mayor resistencia a temprana edad para transferir adecuadamente los esfuerzos, por lo que necesariamente se trabaja con resistencias mayores.

3.3. PARÁMETROS DE DISEÑO.

3.3.1. Trabajabilidad.

Es una propiedad tecnológica y dependerá de los condicionantes propios de las piezas en la que se cuele el hormigón, en el caso de Hormicoop esos condicionantes son la geometría de la pieza, el molde, el proceso de llenado, la disposición de la armadura, las terminaciones, etc. Estos factores llevan a decidir el tamaño máximo de los agregados, asentamientos, % de agregados finos, relación a/c, etc.

El reglamento CIRSOC establece seis intervalos de consistencia de hormigones cuyas denominaciones y métodos de evaluación se indican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Intervalos de asentamiento del hormigón.

Consistencia	Intervalo			Ensayo de evaluación aplicable
	Remoldeo (V) (s)	Asentamiento (A) [cm]	Extendido (E) [cm]	
Muy seca	$5,0 < V \leq 30,0$	--	--	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM 1767.
Seca	--	$2,0 < A \leq 5,0$	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Plástica	--	$5,0 < A \leq 10,0$	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536.
Muy plástica	--	$10,0 < A \leq 15,0$	$50 < E \leq 55$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Fluida	--	$15,0 < A \leq 18,0$	$55 < E \leq 60$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.
Muy fluida	--	--	$60 < E \leq 65$	Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690.

Hormicoop trabaja con tres consistencias distintas: muy seca, para el colado de accesorios sobre mesa vibradora, seca para accesorios llenados al piso y postes de baja y media tensión, y plástica para postes de alta tensión. En la tabla 3.2. se muestran los asentamientos de diseño adoptados para cada una de las líneas de producción de Hormicoop.

Tabla 3.2. Asentamiento de diseño según producción de Hormicoop.

Productos	Asentamiento de diseño (cm)	Consistencia
Accesorios moldeados sobre mesa vibradora	0 - 1	Muy seca
Accesorios moldeados en piso	3 - 5	Seca
Postes de baja tensión	3 - 5	
Postes de media tensión	3 - 5	Plástica
Postes de alta tensión	7 - 10	

3.3.2. Resistencia mecánica.

Este es el parámetro más especificado y que para el caso de la producción de Hormicoop refiere a la resistencia a compresión simple.

El valor de la resistencia especificada f'_c , se considera un parámetro de diseño y un parámetro de control de calidad del hormigón y está definido por el proyectista de la estructura.

La resistencia de diseño de la mezcla de hormigón, f'_{cr} , que se utilizara en obra (en planta en el caso de Hormicoop), es la resistencia media de rotura a compresión para la cual se dosifica dicha mezcla. La resistencia media de las probetas moldeadas con la dosificación de los ensayos de prueba debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño de la mezcla calculada de acuerdo al modo de control elegido, que tiene en cuenta la desviación estándar, la cual no será menor a 3 MPa en ningún caso.

Para determinar la resistencia de diseño de la mezcla de hormigón (f'_{cr}) se distinguen dos modos de control, cada una ellas con sus respectivas formulaciones, en el caso de Hormicoop, como veremos en el próximo capítulo, el control que realiza se ajusta al modo de control 2.

Dentro del modo 2 distinguimos dos posibilidades para determinar la resistencia de diseño de acuerdo a si se conoce o no el desvío estándar, que es una medida estadística de la dispersión de los resultados de los ensayos que representan a un determinado hormigón. En el caso de Hormicoop disponemos de ensayos que nos permite tener una base de datos lo suficientemente amplia como para definir el desvío estándar de cada dosificación. Por ello la **resistencia de diseño de la mezcla** debe ser mayor que el valor que resulte de aplicar las siguientes expresiones:

- $f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 S_n$
- $f'_{cr} = f'_c + 2,33 S_n$

Siendo:

f'_c la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.

f'_{cr} la resistencia de diseño de la mezcla, en MPa.

S_n la desviación estándar, en MPa.

Para los valores de resistencia especificada a la compresión (f'_c), la Norma IRAM 1605, e IRAM 1720 aplicada a postes y accesorios respectivamente, fijan los valores de resistencia mínimos a emplear en cada caso atendiendo exclusivamente condiciones de resistencia, esto es, 30 Mpa en postes de baja y media tensión, 35 Mpa para postes de alta tensión y 25 Mpa para accesorios.

En la tabla 3.3 se muestran la resistencia de diseño adoptada, en base a los desvíos obtenidos, para cada dosificación empleada en Hormicoop, estos valores sirven, además, de referencia para el diseño de nuevas dosificaciones.

Tabla 3.3 Resistencia de diseño adoptada para cada dosificación de producción.

Línea	Resistencia de diseño cuando se conoce el Desvío Estándar						
	Acc.	Acc.	BT-MT	BT	MT	AT	AT
Cemento	CPN	CPP	CPP	CPN	CPN	CPP	CPN
f'c (Mpa)	25	25	30	30	30	35	35
sn Desvío	3,92	4,06	3,81	3,7	3,65	4,72	4,64
sn Desvío estándar mínimo	3	3	3	3	3	3	3
f'cr = (f'c + 5) + 1,34 sn	35,26	35,44	40,1	39,96	39,88	46,33	46,22
f'cr = f'c + 2,33 sn (Mpa)	34,14	34,46	38,88	38,62	38,49	46	45,81
f'cr Adoptada (Mpa)	36,00	36,00	41,00	40,00	40,00	47,00	47,00

3.3.3. Durabilidad.

La durabilidad está relacionada a la vida útil de la estructura y por ende a la del hormigón, si bien no existen métodos para medir en forma directa la durabilidad del hormigón, se definen parámetros que inciden directamente sobre esta.

Como se verá en el capítulo 5 de este trabajo, el Reglamento CIRSOC 201:2005 establece parámetros para alcanzar una vida útil determinada, combinando requisitos prestacionales, como contenido de cemento mínimo, tipo de cemento, relación a/c, contenidos máximos de sustancias agresivas, etc. Aunque incluso estos, no siempre nos aseguran estrictamente la durabilidad del hormigón.

Los condicionantes de diseño, con vistas a garantizar la durabilidad del hormigón, son:

a. Contenido unitario de cemento:

El hormigón debe contener la cantidad de cemento que resulte necesaria para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos según el destino para el que se lo utilice.

A los efectos de proteger las armaduras contra la corrosión, el contenido mínimo de cemento debe ser igual a 280 kg/m³ de hormigón fresco compactado tanto para hormigón armado como para pretensado.

Se observa en la tabla 3.4 que por la resistencia necesaria y, sobre todo, por la necesidad de repetitividad del proceso de llenado, el contenido de cemento mínimo por m³ de hormigón, verifica ampliamente en las dosificaciones de producción de Hormicoop.

Tabla 3.4 Contenido de cemento.

Línea de producción	Tipo de cemento	Designación	Contenido de cemento (Kg)
Accesorios	CPN	H25	400
	CPP	H25	420
Postes de baja y media Tensión	CPN	H30	420
	CPP	H30	400
Postes de alta Tensión	CPN	H35	440
	CPP	H35	450

b. Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm

Se considera material pulverulento de un hormigón, a la suma, en masa, de las partículas del cemento, las adiciones minerales pulverulentas, ya sean activas o no, y la fracción de los agregados que pasan el tamiz IRAM 300 µm (N° 50).

El contenido de material pulverulento debe ser el indispensable para permitir que el hormigón fresco tenga adecuada cohesión que impida su segregación y excesiva exudación. Los contenidos mínimos de material pulverulento extraídos del reglamento CIRSOC se indican en la Tabla 3.5, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso empleado en el hormigón. En dicha tabla se muestra, además, el contenido de material que pasa por el Tamiz IRAM 300 µm (N° 50), que, para el caso de las dosificaciones utilizadas, está dado por un determinado porcentaje de agregado fino más la totalidad de la dosificación de cemento.

Tabla 3.5 Contenido de material pasante tamiz IRAM 300µm (N°50).

Línea de producción	Tipo de cemento	Tamaño Máximo Árido Grueso (mm)	Contenido de partículas pasante Tamiz N°50	Contenido mínimo partículas pasante Tamiz N°50
Accesorios	CPN	13,2	608	480
	CPP		625	480
Postes de baja Tensión	CPN	13,2	553	480
Postes de media Tensión	CPN	19	636	440
Postes de media y baja	CPP	13,2	659	440
Postes de alta Tensión	CPN	19	650	440
	CPP	19	642	440

c. Relación a/c máxima, resistencia a compresión mínima:

Dentro de los requisitos de durabilidad que debe garantizar un hormigón, se destacan, la limitación de la relación a/c y la resistencia a compresión mínima. Para el primero, la tabla 3.6 del Reglamento CIRSOC 201:2005, fija valores máximos, mientras que, para el caso de resistencia mínima, se fijan, en la misma tabla, valores mínimos, ambos parámetros definidos en función de la clase de exposición que produce corrosión de armadura.

Tabla 3.6 Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura.

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) f _{c min} (MPa)										
Hormigón simple	---	---	---	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento pórtland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podrá reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio [a/(c+x)], que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

Para el caso de Hormicoop los valores de relación a/c máxima y resistencia a la compresión se muestran en la Tabla 3.7, si se comparan estos valores, con lo de la Tabla 3.6 del CIRSOC, se observa que tanto la relación a/c como la resistencia compresión simple no se verifican para los tipos de exposición más agresivos, aunque si satisface los requisitos de Norma IRAM. Para esta situación Hormicoop garantiza la durabilidad de sus hormigones para los tipos de exposiciones A1 y A2 cumpliendo, además, con los valores detallados en las respectivas Normas IRAM de postes y accesorios. Cuando el cliente detalle requisitos especiales de durabilidad distintos a los garantizados, se deberán corregir las dosificaciones en cuestión.

Tabla 3.7 Relación a/c y resistencia compresión mínima.

Piezas	Relación a/c	Resistencia compresión simple (Mpa)	Tipo de hormigón
Accesorios	0,4	25	Armado
	0,4	25	
Baja y media tensión	0,49	30	Pretensado
	0,49	30	
	0,49	30	
Alta tensión	0,49	35	
	0,49	35	

3.4. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA.

La granulometría (tamaño de las partículas y distribución) y la naturaleza de las partículas (forma, porosidad y textura superficial) tienen una importante influencia en el proporcionamiento de las mezclas de hormigón debido a que estas afectan la trabajabilidad del hormigón y por ende la demanda de agua.

Se puede decir, que cuanto mayor es el tamaño máximo del agregado grueso, menor es la demanda de agua del hormigón para una determinada trabajabilidad, lo que permite usar menor contenido de cemento, lograr menor contracción por secado, menor calor de hidratación y mayor economía.

A la hora de definir una granulometría, lo primero que se debe definir es el tamaño máximo del agregado grueso, para ello el CIRSOC fija que el tamaño máximo de los agregados debe ser inferior a:

- 1/5 de la menor dimensión lineal de la estructura.
- 3/4 de la separación libre entre armadura.
- 3/4 del espesor de recubrimiento.

En la Tabla 3.8 se muestran los tamaños máximos a emplear en las distintas líneas de producción.

Tabla 3.8. Tamaño máximo del agregado a emplear.

Piezas	Tmax agregado (mm)	Árido máximo a emplear
Accesorios	8	Triturado 3/8
Baja tensión	8	Triturado 3/8
Media tensión	19	Triturado 6/19
Alta tensión	19	Triturado 6/19

Referido a la granulometría, el Reglamento CIRSOC establece rangos granulométricos que permiten obtener mezclas relativamente económicas y satisfactorias en cuanto a resistencia y durabilidad. Sin embargo, para el caso de que los agregados no verifiquen los límites especificados, no implica esto, que los mismos no puedan emplearse en la elaboración de un hormigón, sino que simplemente estos hormigones requerirán más pasta y tendrán tendencia a segregarse según sea la discontinuidad granulométrica de la dosificación.

Mostramos, en la imagen 3.1, un ejemplo de la distribución granulométrica de la dosificación utilizada para postes de alta tensión.

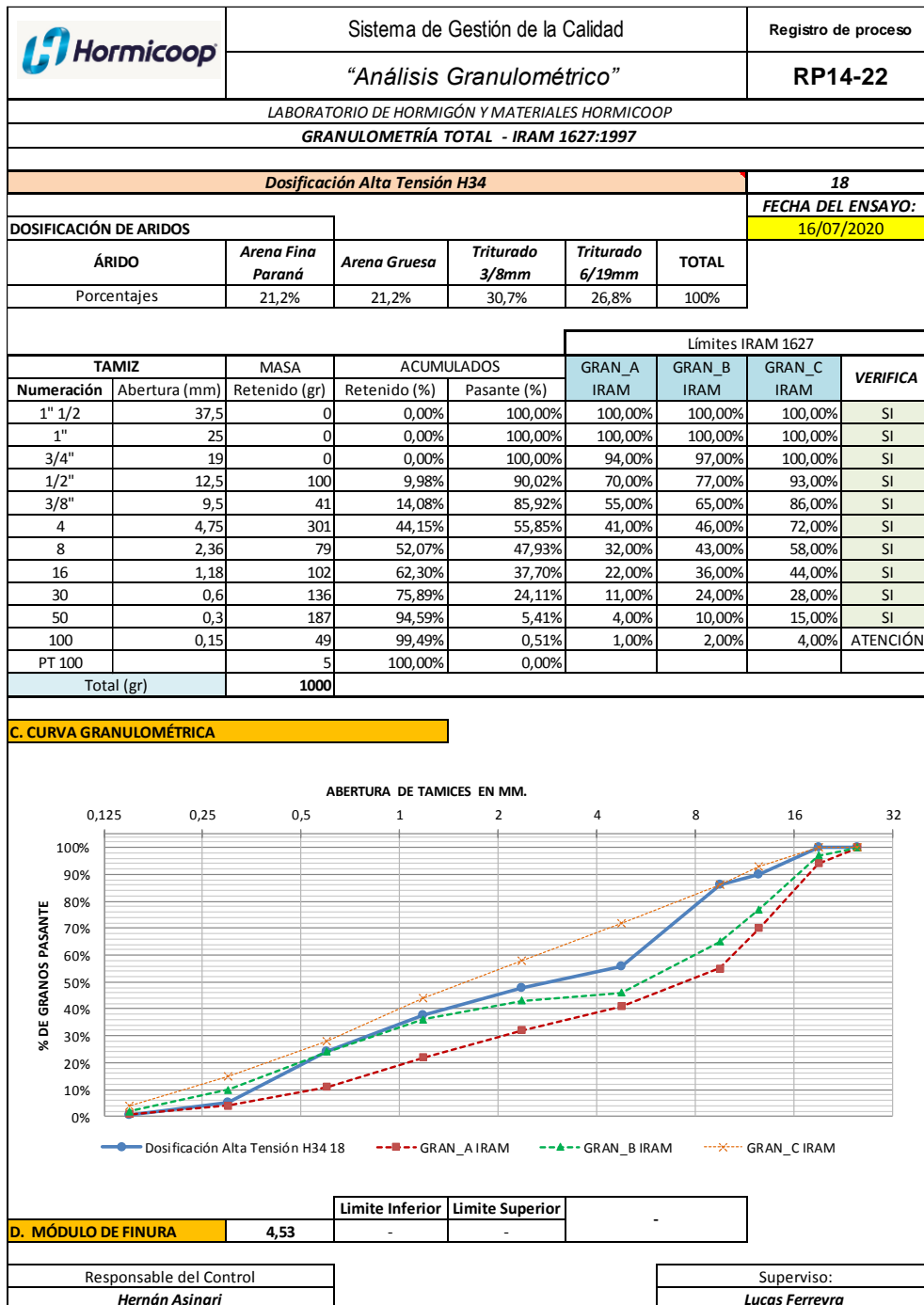


Imagen 3.1. RP 14-22 Análisis granulométrico de la dosificación de alta tensión.

3.5. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN.

3.5.1. Método del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA).

Hormicoop utiliza el método del ICPA para la dosificación de sus hormigones, este método propone determinar las proporciones de los componentes en función de satisfacer requerimientos para un determinado uso.

El método pretende satisfacer 3 condiciones para hablar de un buen diseño.

1. Trabajabilidad en estado fresco.
2. Resistencia y durabilidad en estado endurecido.
3. Costo adecuado.

Notar que, en el caso de elementos pretensados, además de las tres condiciones que definen un buen diseño, se agrega la necesidad de obtener una buena resistencia a temprana edad para transferir adecuadamente los esfuerzos del pretensado al hormigón, proceso que se acompaña mediante curado a vapor.

El método ICPA se fundamenta en el estudio de la curva granulométrica para obtener el módulo de finura del agregado total con la combinación de las distintas fracciones de los agregados y determinar luego, el requerimiento de agua de acuerdo al asentamiento requerido, teniendo en cuenta la incorporación de aire o el uso de aditivos. El método supone una relación de resistencia a la compresión dependiente de la relación a/c con limitaciones para la durabilidad.

Este método requiere de un trabajo de laboratorio para identificar granulometría y módulo de finura de cada agregado y un trabajo a escala productiva, donde se ajusten los parámetros a las condiciones productivas de la planta.

3.6. VALIDACIÓN DE UNA NUEVA DOSIFICACIÓN.

Para que una dosificación sea considerada apta para usar en producción requiere ser validada, tanto para cumplir con los requisitos de hormigón fresco, resistencia y durabilidad, como así también, su factibilidad en el proceso.

Una vez hecho el diseño y dosificación de un hormigón este debe ser ajustado a nivel de producción, si bien el método arroja valores de referencia bastante exactos, siempre es necesario hacer pequeñas correcciones, generalmente en la demanda de agua y en la trabajabilidad, aunque también puede ser en resistencia.

Las proporciones de las mezclas para las diferentes clases de hormigones, materiales y condiciones de elaboración con que se ejecutará un determinado producto, se deben establecer experimentalmente en base a la preparación y ensayo de pastones de prueba a nivel de laboratorio donde se relevan y ajustan los parámetros de diseño planteados.

En cada una de estas pruebas se deben moldear un mínimo de cuatro probetas para ensayar a una edad de 14 y 28 días con la finalidad de evaluar la evolución de la resistencia.

Verificada la resistencia a compresión de la dosificación en cuestión y ajustados los parámetros de diseño en la escala de laboratorio, se realiza una prueba a nivel de producción, donde además de moldear un mínimo de cuatro probetas para ensayar resistencia, medir asentamiento mediante el método del Cono de Abrams se deben realizar las siguientes tareas:

1. Verificar el proceso de colado: trabajabilidad de la mezcla, segregación de agregados, tiempo de vibrado, dificultades que surgiesen en la mano de obra para ejecutar la tarea.
2. Verificar las tareas de terminación de la pieza para analizar el comportamiento de agregado grueso en el acabado de las caras expuestas.
3. Para postes, es necesario relevar el tiempo transcurrido al momento de retirar noyos, el tiempo necesario para lograr una adecuada transferencia de tensiones del cable pretensado al hormigón y el tiempo de apertura del molde. Estos datos dan una idea acabada de la necesidad de incrementar o no el contenido de cemento por encima de los valores que verifiquen la resistencia a compresión simple.

Verificado estos parámetros, se está en condiciones de calificar una dosificación como Apta para producción y podrá emplearse a escala de fabricación.

CAPITULO Nº 4 CRITERIOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN.

4.1. INTRODUCCIÓN.

En esta unidad se explican los requisitos que debe satisfacer el hormigón y los controles de calidad, tanto en estado fresco como endurecido, que se le deben aplicar a los mismos, ya en el Capítulo 3 nos referimos, entre otros, a los controles de calidad de los materiales que componen el hormigón; ahora bien, al ser este, una combinación de materiales debemos verificar que se alcanzan los requisitos para el cual fue diseñado, para ello hay ensayos que se deben hacer en estado fresco y otras verificaciones que se realizan con el hormigón endurecido ya que muchas de sus propiedades finales dependen, en buena parte, del cuidado o tratamiento que se le da a la mezcla posterior a su elaboración.

Los criterios de conformidad que determinan la aceptación de un hormigón no son otra cosa que las disposiciones destinadas a establecer si el hormigón que se colocó en una estructura cumple con los requisitos especificados por la reglamentación vigente y los documentos del proyecto.

El Reglamento CIRSOC 201:2005, de aplicación obligatoria en la obra pública nacional, establece tres controles de conformidad que deben cumplir los hormigones a lo largo de una vida útil de 50 años, estos son:

- A. Conformidad con los controles del hormigón en estado fresco.
- B. Conformidad con los requisitos de resistencia.
- C. Conformidad con los requisitos de durabilidad.

Se verá en el desarrollo de este capítulo cuáles son esas condiciones que debe cumplir un hormigón para considerarlo apto para la producción.

4.2. CONFORMIDAD CON EL CONTROL DE CALIDAD DEL Hº EN ESTADO FRESCO.

4.2.1. Ensayos para evaluar la consistencia del hormigón en estado fresco.

La trabajabilidad del hormigón se mide en forma indirecta a través de la fluidez, o mejor dicho, a través de la consistencia, que es la inversa de la fluidez. La consistencia de un hormigón fresco, es una medida relativa de la dificultad con que un hormigón fresco puede escurrir dentro de un molde.

En el caso de Hormicoop, el concepto de trabajabilidad está condicionado por la baja fluidez del hormigón empleado, y en el caso de postes, de la delgada pared de los mismos y la existencia de una cara visible angosta, que es la boca de llenado, corriéndose riesgo que queden zonas, en el interior del molde, sin colarse que ocasionen rechazos de las piezas por el grado de daño en las secciones de hormigón.

Además, un hormigón de baja trabajabilidad afectará la terminación superficial de las piezas y el tiempo de colado, condicionado por la disminución de la eficiencia de los equipos vibratorios.

Para medir este parámetro se utiliza el ensayo de asentamiento del cono de Abrams que se encuentra normalizado por Norma IRAM 1536.

▪ **Procedimiento a aplicar:**

El procedimiento para llevar a cabo este ensayo esta detallado en la IO 14-18 del SGC de la empresa que está basado en la IRAM 1536.

▪ **Periodicidad de ensayo:**

En base a una adaptación dispuesta en el reglamento CIRSOC, que para el caso de Hormicoop se vuelve inviable por la cantidad de lotes que se producen en la fábrica, se adopta realizar ensayos de asentamiento de cono de Abrams con la siguiente frecuencia:

- Al inicio de cada turno laboral.
- Sobre aquellos pastones que se obtienen probetas para ensayo de resistencia.
- De ser necesario, en los 3 pastones consecutivos posteriores a un resultado no conforme.

▪ **Registro de información:**

Se registra el valor obtenido, expresado en centímetros redondeado en 5 décimas, en la planilla de proceso RP14-01 “Anexo 5”.

▪ **Criterio de aceptación:**

Los resultados del ensayo de asentamiento mediante cono de Abrams deben verificar los valores que se detallan en la Tabla 4.1, extraída del Capítulo 5 del Reglamento CIRSOC.

Si por algún motivo los resultados de los ensayos en una primera instancia no resultan conformes se da la posibilidad de realizar un nuevo ensayo de las mismas características, aquí, si el resultado es positivo se considera conforme el pastón, caso contrario el hormigón resultará no conforme y se rechaza.

Tabla 4.1. Intervalos de consistencias y tolerancias

Consistencia	Remoldeo (V) (s)		Asentamiento (A) [cm]		Extendido (E) [cm]	
	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia
Muy seca	5,0 < V ≤ 30,0	± 2,0	--	--	--	--
Seca	--	--	2,0 < A ≤ 5,0	± 1,0	--	--
Plástica	--	--	5,0 < A ≤ 10,0	± 2,0	--	--
Muy plástica	--	--	10,0 < A ≤ 15,0	± 2,0	50 < E ≤ 55	± 1,0
Fluida	--	--	15,0 < A ≤ 18,0	± 3,0 (*)	55 < E ≤ 60	± 2,0
Muy fluida	--	--	--	--	60 < E ≤ 65	± 2,0

(*) La tolerancia en (+) es válida siempre que el asentamiento medido sea igual o menor que 20,0 cm.

▪ **Asentamientos relevados:**

A continuación, en la imagen 4.1, a modo ilustrativo, se muestra un resumen de los asentamientos relevados según lotes productivos durante el año 2019 obtenidos de la base de datos del sistema de gestión de calidad de la fábrica.

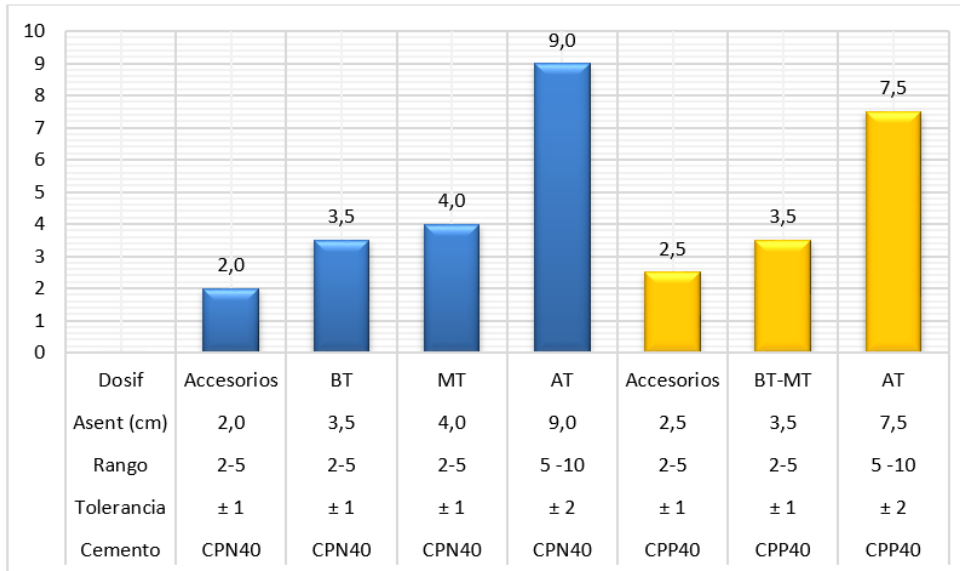


Imagen 4.1. Asentamiento medido en cono de Abrams.

4.2.2. Control de la temperatura del hormigón.

Las condiciones ambientales extremas (frio-calor), tienen influencia sobre el colado del hormigón ya que sus propiedades se ven afectadas bajo estas condiciones. Ante estas eventualidades el Reglamento CIRSOC fija pautas para el hormigonado tanto en tiempo frio como caluroso que Hormicoop debe cumplir en el colado de sus hormigones.

A. Hormigonado en tiempo frio.

El CIRSOC define como tiempo frio al periodo de tiempo en el cual durante más de tres días consecutivos se mantienen las siguientes condiciones:

- La temperatura media ambiente es menor que 5°C.
- La temperatura ambiental es igual o menor que 10° C durante al menos la mitad de cualquier periodo de 24hs.

Durante ese periodo de tiempo se deben tomar los recaudos necesarios para no afectar las propiedades del hormigón en estado fresco con impacto posterior, en el estado endurecido del hormigón.

En Hormicoop el colado de hormigón se realiza dentro de naves industriales que atenúan las temperaturas medias de invierno y por lo tanto prácticamente no existen periodos de días con temperatura promedio menor a 5°C, sin embargo, el proceso de fragüe del hormigón colado se ve demorado ya que las reacciones de hidratación se ven ralentizadas aumentando los tiempos de producción en postes, impidiendo en muchas oportunidades repetir el proceso, en el caso de accesorios, en cambio, se hace crítico remover las piezas de la playa de llenado por falta del fragüe correspondiente, ante este panorama, el agua utilizada en el amasado del hormigón se calienta mediante una serpentina en la que se hace circular el mismo vapor de agua que se utiliza para el curado del hormigón de postes elevando la temperatura del agua a un rango de entre 35° - 45° C, sobre un límite de 80°C fijado por reglamento, alcanzando el hormigón una temperatura de aproximadamente 20°C que permite mejorar los tiempos productivos.

El calentamiento de agua se activa en los días en que la temperatura ambiente cae por debajo de los 5°C, en periodos de al menos 8 horas.

B. Hormigonado en tiempo caluroso.

El CIRSOC considera tiempo caluroso a cualquier combinación de factores climáticos que, asociados a la alta temperatura ambiente, tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido, o que contribuya al desarrollo de propiedades anormales del mismo.

El mismo reglamento determina que la temperatura del hormigón fresco posterior a su colado y compactación, debe ser igual o menor a 30° C para evitar mayor consumo de agua y/o pérdida del asentamiento y como consecuencia de ello, reducción de la resistencia en hormigón endurecido como consecuencia del agua agregada.

Para el caso de Hormicoop, se mantiene aquella ventaja de que la mayoría de las piezas son coladas al resguardo de la intemperie minimizando las condiciones que impone la velocidad del viento, la temperatura de los agregados y por ende la del hormigón, no obstante, existe un aporte a la temperatura ambiente del vapor de agua, aunque menor al que implica colar a la intemperie. Sin embargo, al trabajar con dosificaciones de bajo asentamiento se hace necesario aumentar el contenido de agua en un 2%, para mantener la trabajabilidad de la mezcla a expensas de perder un pequeño porcentaje de resistencia a compresión.

▪ **Control propuesto:**

El control de temperatura en el hormigón se propone realizarlo mediante un termómetro digital tipo “pinchacarne” en horarios críticos, esto es, para el caso de invierno, al inicio del turno laboral matutino, donde se registran las menores temperaturas y en el caso del verano, al comienzo del turno vespertino donde la temperatura alcanza normalmente valores máximos.

El ensayo se realiza penetrando el termómetro directamente sobre la masa de hormigón, registrando la temperatura, una vez estabilizada, indicada en el display con una precisión de 0, 5° C.

Para registrar la temperatura del hormigón se propone la creación del RP 14–23 “Control de temperatura del hormigón” para agregar al SGC, un modelo de esta planilla se muestra a continuación en la Imagen 4.2.


		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Registro de proceso
		Registro temperatura Hormigón		RP14-23
<i>Fecha</i>	<i>Hora</i>	<i>Dosif.</i>	<i>Temp Hº</i> <i>(°C)</i>	

Imagen 4.2. Propuesta de RP-23 “Registro de temperatura del hormigón”

4.2.3. Moldeo de probetas.

Las reglamentaciones indican que la resistencia a compresión del hormigón, obviando los ensayos mediante extracción de testigo, se deben analizar mediante una muestra del hormigón fresco que se va a colar en una determinada pieza, para ellos se moldean probetas que, si bien son para controles de calidad del hormigón en estado endurecido, claramente las probetas deben ser moldeadas con hormigón fresco.

El procedimiento con que se debe llenar las probetas esta detallado en el instructivo de operaciones IO 14-15 del SGC de la empresa, basado en la Norma IRAM 1524.

4.3. CONTROL DE CALIDAD CONFORME A LA RESISTENCIA ESPECIFICADA.

4.3.1. Resistencia especificada $f'c$

La resistencia del hormigón utilizada para el proyecto y construcción de estructuras se conoce como resistencia especificada a la compresión ($f'c$) que en general, corresponde a la resistencia característica, y que, para un determinado hormigón, es el valor estadístico de la resistencia que corresponde a la probabilidad de que el 90% de todos los resultados de ensayos de la población supere dicho valor. Dicho de otra manera, es el equivalente a admitir un 10% de valores defectuosos.

Dicho valor es el utilizado para la realización de los cálculos estructurales y se determina para el caso del Reglamento CIRSOC 201:2005 mediante la expresión:

$$f'c = f'cm - 1,28 S$$

Donde:

$f'cm$: resistencia media a la compresión.

S : desvío estándar.

Se mencionó, al momento de explicar el proceso de diseño de una dosificación, en la unidad anterior, que las Normas IRAM específica de postes y accesorios fijan valores mínimos de resistencia especificada a la compresión, 30Mpa, para postes de media y baja tensión, 35Mpa para postes de alta tensión y 25 Mpa para accesorios.

Por otra parte, el Reglamento CIRSOC fija en la Tabla 4.2 que se muestra a continuación los valores mínimos de $f'c$.

Tabla 4.2. Resistencia de los hormigones.

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión $f'c$ (MPa)	A utilizar en hormigones
H - 15	15	simples (sin armar)
H - 20	20	simples y armados
H - 25	25	Simples, armados y pretensados
H - 30	30	
H - 35	35	
H - 40	40	
H - 45	45	
H - 50	50	
H - 60	60	

A modo de resumen, en la Tabla 4.3 se detallan las resistencias especificadas a la compresión de los productos fabricados en Hormicoop.

Tabla 4.3. Resistencia especificada a la compresión ($f'c$) requerida en la producción.

ESTRUCTURAS	Clase de hormigón	$f'c$ (Mpa)	Tipo de Hº
Accesorios	H-25	25	Armado
Postes Baja Tensión	H-30	30	Armado y Pretensado
Postes Media Tensión	H-30	30	Armado y Pretensado
Postes Alta Tensión	H-35	35	Armado y Pretensado

Sobre estos valores detallados el comitente podrá solicitar valores por encima de los definidos, pero nunca por debajo de estos.

4.3.2. Control de conformidad. Modo de control adoptado.

El Reglamento CIRSOC establece dos modos de control de conformidad a ser aplicados a diferentes modos de producción, puesta en obra y control de producción del hormigón, llamados “Modo 1” y “Modo 2”. Básicamente en el “Modo 1”, el hormigón es producido en una planta hormigonera que opera con un sistema de calidad. La planta elaboradora puede estar instalada dentro o fuera del recinto de la obra y el director de obra tiene acceso al control de producción de la planta y a sus registros. El “Modo 2”, en cambio, cubre todas las situaciones en las cuales el hormigón es producido en condiciones que no satisfacen los requisitos establecidos en el “Modo 1”.

La definición de estos dos modos de producción y control, implican condiciones de trabajo con mayor o menor probabilidad de ocurrencia de resultados no satisfactorios.

Hormicoop, si bien cumple potencialmente con las características antes descritas para encuadrarse dentro del “Modo 1” de control de conformidad, por cuestiones propias de la dinámica del rubro y del proceso productivo adopta el modo de control 2. El fundamento de esta decisión radica en que, si bien la fábrica dispone un SGC, este está aplicado a la producción de postes y accesorios, considera la elaboración del hormigón como un eslabón dentro de una cadena y no como la actividad principal, con un SGC propio, que llevan a optar por el “Modo 2” de control de conformidad del hormigón. También, la necesidad de definir mayor cantidad de lotes productivos para el “Modo 1” lo hacen poco viable dada la dinámica de producción de la fábrica.

4.3.3. Definición de Lote. Dimensión.

Analizando la definición de lotes del reglamento CIRSOC 201:2005 para el Modo 2 de control y estudiando las condiciones particulares de la producción de hormigón de Hormicoop se define a la dimensión del “Lote” como el volumen de hormigón que abarca la producción de una determinada dosificación en el periodo de una semana contabilizada de lunes a viernes o sábado en su defecto. El tamaño del lote (Volumen) lógicamente será muy variable dependiendo la línea de producción que se fabrique, pues para postes de alta tensión, el volumen oscila entre 3-5m³ por poste, en cambio, para baja tensión los volumen difícilmente alcancen el metro cubico, aunque la cantidad de postes elaborados cuadripliquen a los de alta tensión, pasándolo a números, esto es, en una semana de producción se pueden producir como máximo 40 postes de baja tensión con un volumen de hormigón de 15 m³ semanales mientras que en alta tensión se pueden llegar producir 20 postes por semana con un volumen máximo de 90m³, sin embargo nunca se alcanzan los 100m³ que ameritarían al definición de más de un lote semanal.

4.3.4. Numero de muestras a extraer.

Se deben extraer diariamente al menos 4 probetas de dos lotes distintos, alternando en la semana, la ejecución de muestras de diferentes dosificaciones empleadas en la semana, para obtener de esta forma, muestras representativas del hormigón producido.

Comúnmente por día se elabora hormigón de entre tres y cuatro dosificaciones distintas, entonces, por ejemplo, el día 1 de la semana se extraen muestra del lote de accesorios y baja tensión, el día 2, de media y alta tensión, repitiendo el ciclo al día 3 de la semana.

4.3.5. Criterios de conformidad.

Adoptado el modo de control 2, el criterio se determina sobre probetas de un mismo lote ensayadas a la edad de diseño (28 días).

En este caso se considerará que todo un lote de hormigón posee la resistencia especificada si se cumplen las dos condiciones siguientes:

1. La resistencia media móvil correspondientes al hormigón evaluado, es igual o mayor que la resistencia especificada más 5 MPa.

$$f'_{cm} \geq f'c + 5 \text{ MPa}$$

2. El resultado de cada uno de los ensayos será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f'_{ci} \geq f'c$$

4.3.6. Edad de ensayo.

Las muestras serán ensayadas de a pares a 14 y 28 días, con la salvedad de que el par de probetas para probar a 14 días pueden ser ensayado a una edad menor con el propósito de garantizar la resistencia de una estructura con vistas a lograr la liberación de una obra por requerimiento del cliente.

El ensayo de probetas a 28 días, en cambio, corresponde a la edad de diseño y no debe ser alterado.

4.3.7. Prensa de ensayo.

Para los ensayos de resistencia a compresión, Hormicoop cuenta con una prensa, que se muestra en la imagen 4.3, dicha máquina es de operación automática, marca Matest, de 2000 KN de capacidad de carga, con display para lectura de resultados. Esta prensa, cuenta con calibración anual realizada por personal del Laboratorio de Estructuras de la FCEfYN-UNC, el certificado de calibración emitido, es uno de los documentos que se adjuntan al cliente para demostrar trazabilidad en sus procesos.

La disponibilidad de una prensa propia para realizar ensayos sobre hormigón supone una ventaja al momento de obtener resultados inmediatos sobre la condición de un determinado pastón. Permite, además, un control efectivo en la trazabilidad de las partidas de hormigón, que se dificulta cuando los ensayos se realizan en entidades externas a la empresa.

Otro factor, que realza la importancia de contar con prensa propia, está vinculada a la liberación de las piezas por parte de la inspección, la IRAM 1605 detalla en el inciso 9.3.2 que el cliente puede solicitar, al momento de la inspección de un lote de piezas, la ejecución de ensayos de resistencia a compresión de probetas del lote de hormigón que se cuela en las piezas objeto de liberación.



Imagen 4.3. Prensa automática MATEST con display.

4.3.8. Análisis estadístico. Verificación de la resistencia especificada $f'c$.

La resistencia del hormigón no puede definirse con el valor medio de los resultados de los ensayos, pues de esta forma estaríamos considerando que el 50% del material tendrá resistencia menor que la de diseño. Tampoco podemos utilizar el valor mínimo y considerar que todo el material está por encima de la resistencia de diseño. Para ello se da un análisis estadístico de los datos recolectados en los ensayos de compresión de las probetas.

Estadísticamente hablando, para definir una población necesitamos de al menos dos parámetros, esto es, un valor de referencia y un indicador de cómo se distribuyen los resultados de ensayos individuales alrededor del valor de referencia. Para el caso del hormigón, se toma como referencia el promedio de los ensayos o media de la población (\bar{x}), mientras que para evaluar la dispersión de los resultados individuales se utiliza comúnmente el desvío estándar la muestra (S).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Siendo:

S : Desviación estándar.

xi : Resultado del ensayo a compresión de cada probeta.

\bar{x} : Media de la población.

n : N° de resultados de la serie de ensayo o muestra.

Cuando la producción de hormigón se puede considerar estable, el histograma de frecuencia de resistencia del hormigón se ajusta adecuadamente al modelo estadístico de Gauss conocido como curva de Gauss o curva normal.

Siempre existe la probabilidad de resistencias menores que cualquier valor que se fije como referencia y para uniformizar criterios no se puede establecer de forma arbitraria la cantidad de material defectuoso a admitir en una estructura, por ello el Reglamento CIRSOC 201.2005 fija que los ensayos defectuosos no deben superar el 10%.

A continuación, a modo de ejemplo y tomando como base de datos la información del Sistema de Gestión de Calidad (SGS) de Hormicoop, se muestra el análisis estadístico de las dosificaciones de accesorios elaborados con cemento CPN en el periodo 2019.

▪ Lote Accesorios. Cemento CPN.

Del análisis de la Tabla 4.4 se desprende que la resistencia característica del hormigón de esta dosificación, es de 32 Mpa, donde el 91,3% de los resultados de los ensayos realizados comprueban dicho valor, y verificando, además, los 25 Mpa de resistencia especificada utilizada para el cálculo de estas estructuras, donde el 100% de los ensayos cumplirían con esa resistencia.

La necesidad de remover estas piezas de la pista de llenado, para repetir el ciclo, lleva a utilizar una dosificación con un buen contenido de cemento para lograr una buena resistencia a temprana edad que permite transportar las piezas a las pocas horas de colado.

Tabla 4.4 Análisis estadístico dosificación de accesorios.

Resistencia característica solicitada (MPa)	25,0
Lotes Analizados	178
Lotes con diferencia de resultados <15%	172
f'_{cm} Promedio (Mpa)	38,26
Desvió estándar S	4,90
$f'_{c} = f'_{cm} - 1,28S$ (Limite Derecho) (Mpa)	31,99
% ensayos aptos	91,3%

En la imagen 4.4 se muestra la distribución Normal de la dosificación en cuestión, en la misma, como ya se mencionó, se tiene que más del 90% de los ensayos superan los 32Mpa de resistencia característica y que el 100% de los mismos superan los 25 Mpa de resistencia definidos para esta dosificación.

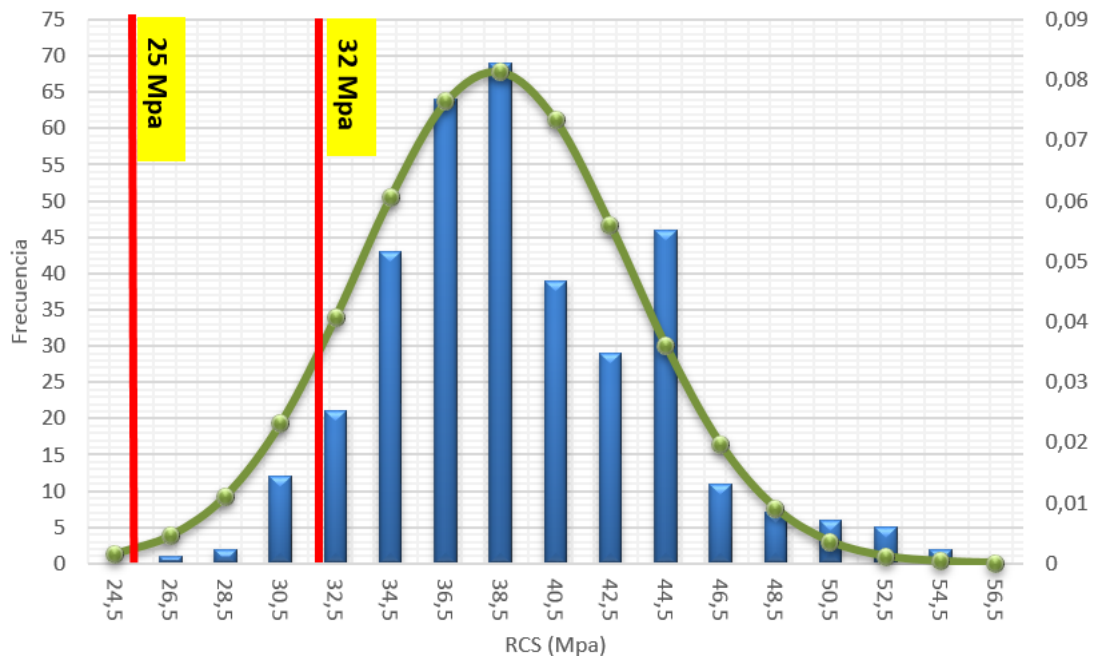


Imagen 4.4. Distribución Normal de la dosificación de accesorios en el año 2019.

En la Tabla 4.5 mostramos un resumen del modo de control 2 realizado en forma mensual del año 2019, notar que, del total de probetas analizadas, salvo para el mes de julio, verifican la condición de $f'_{cm} \geq f'_{c} + 5 \text{ Mpa}$.

Tabla 4.5 Análisis mensual de los requerimientos del “Modo 2” de control del hormigón.

PERIODO	Probetas analizadas	Condición 1: $f'_{cm} \geq f'_{c} + 5 \text{ Mpa}$		Condición 2: $f'_{cm} \geq f'_{c}$		Desvío
		f'_{cm} 28 días (Mpa)	$f'_{c} + 5 \text{ Mpa}$ (Mpa)	Probetas ensayadas $> f'_{c}$	% Probetas ensayadas $> f'_{c}$	
ene-19	26	36,54	30	26	100%	3,47
feb-19	22	35,95	30	22	100%	2,64
mar-19	20	37,9	30	20	100%	2,32
abr-19	36	36,92	30	36	100%	4,36
may-19	44	36,75	30	44	100%	4,15
jun-19	26	36,27	30	26	100%	3,18
jul-19	34	38,26	30	32	94%	5,12
ago-19	36	40,69	30	36	100%	3,3
sep-19	25	43,77	30	25	100%	3,49
oct-19	26	40,61	30	26	100%	4,36
nov-19	32	37,52	30	32	100%	4,3
dic-19	28	38,05	30	28	100%	1,95
Total	355					

En la imagen 4.5, completando el análisis estadístico, se muestra el promedio mensual de la resistencia a compresión de probetas ensayadas a 14 y 28 días, siendo la primera la edad con que las piezas son consideradas aptas por el área de calidad de la empresa para cumplir con la inspección del cliente y posterior a su liberación, transportar a obra. El promedio ponderado de la resistencia para esta edad es 34,59 Mpa, un 90% del promedio de la resistencia 28 días, con resultados individuales que superan ampliamente los 25 Mpa de resistencia característica.

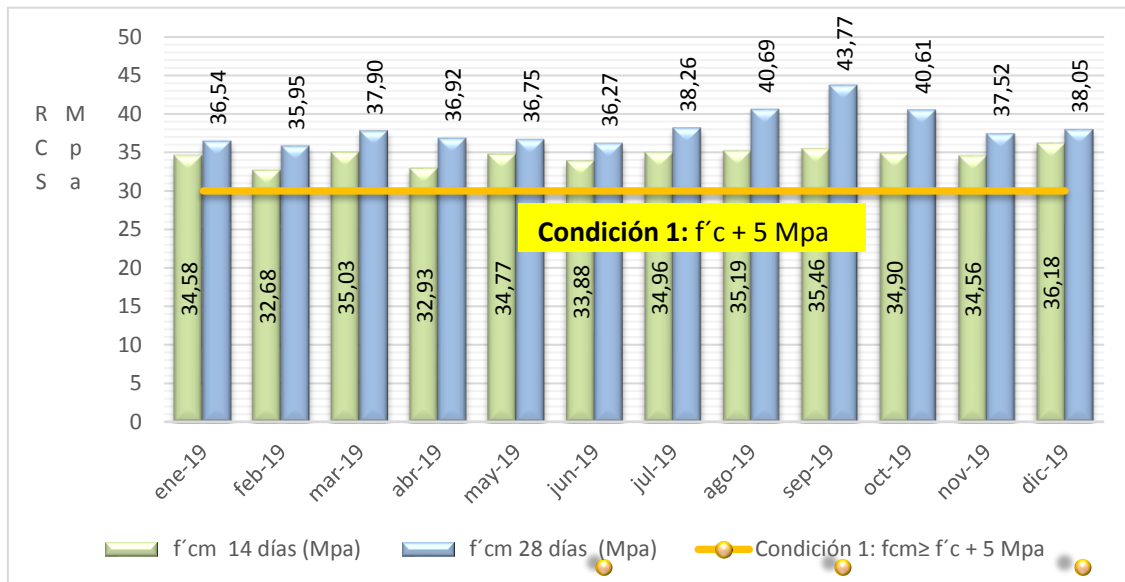


Imagen 4.5. Gráfico de barras resistencia compresión simple en dosificación de accesorios en el año 2019.

4.3.9. Registro de procesos RP 14-16” Análisis de probetas”.

El RP 14-16, que se muestra en la imagen 4.6, es el registro de proceso destinado a analizar los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión, este RP fue actualizado y eficientizado a raíz de la ejecución de la PS, las mejoras realizadas están vinculada al análisis estadístico, anteriormente este documento solo se limitaba a registrar los resultados del ensayo obtenido y determinar el porcentaje de ensayos aprobados, considerando como aceptable todo valor que estuviese por encima de la resistencia característica y no conforme a aquellos que no alcanzaran dicho valor, con las mejoras planteadas, se incorporó el análisis estadístico de los resultados obtenidos, y se ajustaron los controles de calidad al “Modo 2” del Reglamento CIRSOC, uniformizando criterios ingenieriles.

En dicho archivo se cargan, entre otros datos:

- Fecha de elaboración.
- Designación de las probetas realizadas.
- Lote que integran.
- La carga de rotura, expresada en KN.
- La resistencia a compresión simple, expresada en Mpa.
- El tipo o modo de falla de la probeta.

Con esta información se analiza, por lote semanal o por el conjunto de lotes organizados por meses, el cumplimiento de los requisitos del “Modo 2” de control, la resistencia promedio, desvíos, la resistencia característica alcanzada, el número de ensayos que alcanzan ese valor, etc. Además de la posibilidad de elaborar gráficos ilustrativos que faciliten la lectura de los resultados a quien solicite dicha información.

En definitiva, el resultado del tratamiento estadístico que se obtiene de este RP no es ni más ni menos que los resultados que se le brindan al cliente como resultados de ensayos de compresión, dentro del RP 14-17 “Certificado de trazabilidad en el producto”, que se verá en el capítulo 6, y que son los que validan la calidad del hormigón de los productos elaborados.

		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD			Revisión: 01	Registro de proceso								
Análisis de probetas				Fecha: 11-01-2018	RP14-15									
LABORATORIO DE HORMIGÓN Y MATERIALES HORMICOOP														
ÁREA DE CALIDAD														
Mes	Semana	Fecha de elaboración	Tipo	Designación	Edad de ensayo	Fecha de ensayo	f'c (Mpa)	DIMENSIONES	CARGA MÁXIMA (KN)	TENSIÓN DE ROTURA (Mpa)	kg/cm ²	TIPO DE ROTURA	Δ	
1	1	02/01/2020	M	001M	14	16/01/2020	30	100,0	201,0	263,66	33,57	342,34	5	8,76%
1	1	02/01/2020	M	002M	14	16/01/2020	30	100,5	200,5	289,62	36,51	372,32	2	
1	1	02/01/2020	M	003M	28	30/01/2020	30	100,2	200,0	320,76	40,68	414,82	5	3,62%
1	1	02/01/2020	M	004M	28	30/01/2020	30	101,0	200,5	314,12	39,21	399,83	3	
1	1	02/01/2020	A	005A	14	16/01/2020	30	101,0	201,0	274,58	34,27	349,50	5	
1	1	02/01/2020	A	006A	28	30/01/2020	30	100,3	199,0	302,47	38,28	390,39	5	1,27%
1	1	02/01/2020	A	007A	28	30/01/2020	30	100,5	198,5	299,82	37,80	385,43	3	
1	1	03/01/2020	B	008B	14	17/01/2020	30	100,3	200,5	290,05	36,71	374,36	3	
1	1	03/01/2020	B	009B	28	31/01/2020	30	100,5	199,5	311,87	39,31	400,92	5	1,77%
1	1	03/01/2020	B	010B	28	31/01/2020	30	100,0	201,0	314,25	40,01	408,03	5	
1	1	03/01/2020	M	011M	14	17/01/2020	30	100,3	201,0	314,82	39,84	406,33	5	
1	1	03/01/2020	M	012M	28	31/01/2020	30	100,5	201,0	311,11	39,22	399,94	4	3,21%
1	1	03/01/2020	M	013M	28	31/01/2020	30	100,5	200,5	321,09	40,48	412,77	5	
1	2	06/01/2020	A	014A	14	20/01/2020	30	100,0	200,5	335,97	42,78	436,23	5	
1	2	06/01/2020	A	015A	28	03/02/2020	30	100,5	201,0	406,36	51,23	522,39	5	7,85%
1	2	06/01/2020	A	016A	28	03/02/2020	30	101,0	199,0	378,21	47,21	481,40	5	
1	2	06/01/2020	X	017XT	7	13/01/2020	35	100,5	201,0	288,76	36,40	371,21	5	4,84%
1	2	06/01/2020	X	018XT	14	20/01/2020	35	99,5	200,0	296,73	38,16	389,16	5	
1	2	06/01/2020	X	019XT	28	03/02/2020	35	100,0	205,0	359,02	45,71	466,16	5	2,46%
1	2	06/01/2020	X	020XT	28	03/02/2020	35	101,0	201,0	357,21	44,59	454,67	5	
1	2	07/01/2020	A	021AE	14	21/01/2020	30	100,3	199,0	299,18	37,87	386,14	5	
1	2	07/01/2020	A	022AE	28	04/02/2020	30	102,0	203,0	296,88	36,33	370,51	3	7,47%
1	2	07/01/2020	X	023XE	28	04/02/2020	30	100,0	202,0	305,66	39,05	398,18	3	
1	2	07/01/2020	X	024XE	7	14/01/2020	35	100,2	201,0	214,52	27,21	277,44	5	
1	2	07/01/2020	X	025XE	14	21/01/2020	35	100,5	200,0	312,3	39,37	401,47	2	
1	2	07/01/2020	X	026XE	28	04/02/2020	35	100,0	202,0	308,81	39,32	400,97	3	1,24%
1	2	07/01/2020	X	027XE	28	04/02/2020	35	100,5	201,0	308,05	38,83	396,01	3	
1	2	08/01/2020	A	028AE	14	22/01/2020	30	100,3	200,0	281,85	35,67	363,78	5	

Imagen 4.6. RP 14-16 “Análisis de probetas”.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO					
SEMANA	2	A	B	M	X
14 DÍAS	Ensayos a 14 Días	4	1	2	4
	Promedio (Mpa)	37,91	34,48	33,53	36,49
	Desvío	2,98	0,00	0,23	2,40
28 DÍAS	Ensayos a 28 Días	8	2	4	6
	Promedio	40,29	41,35	39,37	39,43
	Desvío	5,37	0,44	0,82	4,58
Probetas > 30Mpa		4	2	4	6
f'c		33,4	40,8	38,3	33,6
f'c > 90%		8	2	4	6
MES	3	A	B	M	X
14 DÍAS	Ensayos a 14 Días	12	6	2	4
	Promedio (Mpa)	35,85	35,06	37,02	37,88
	Desvío	5,19	6,71	3,90	2,90
28 DÍAS	Ensayos a 28 Días	18	8	8	6
	Promedio	40,06	40,51	36,61	38,64
	Desvío	4,09	3,99	1,54	1,24
	Probetas > f'c	18	8	8	6
	f'c	34,83	35,41	34,63	37,06
f'd > f'c		100%	100%	100%	100%

4.4. REQUISITOS POR DURABILIDAD.

La durabilidad del Hormigón se puede entender como la capacidad del material para resistir las acciones del medio ambiente, ataques físicos, químicos, u otros procesos de deterioros durante el ciclo de vida para el cual fue proyectado, requiriendo un mantenimiento mínimo.

El ataque se da sobre la masa de hormigón, que una vez deteriorado, avanza sobre la armadura causando corrosión, y dejando la pieza en un estado latente de colapso.

El CIRSOC 201:2005 define 4 requisitos de durabilidad a satisfacer:

1. Relación agua/cemento máximo.
2. Resistencia a compresión mínima.
3. Penetración de agua o succión capilar.
4. Aire intencionalmente incorporado.

Estos requerimientos dependen del tipo de exposición de la estructura respecto al medio ambiente, es decir, de la zona de emplazamiento de la misma.

Existen 12 clases de exposiciones agrupados según el clima que da origen al ataque, estos son:

- No agresiva (A1), Normal (A2), Clima cálido y húmedo (A3).
- Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino (CL).
- Marino (M1, M2 y M3),
- Congelación y deshielo (C1 y C2)
- Ambiente con agresividad química (Q1, Q2 y Q3).

4.4.1. Programa de control:

EL lugar de implantación de la obra define, en buena medida, las condiciones de durabilidad del hormigón, por ello, muchos de estos requerimientos dependen de lo solicitado por el cliente, que es en definitiva el que conoce las condiciones particulares del terreno cuando estudia la traza de la línea o el sitio de emplazamiento de la misma, sin embargo, como ya se mencionó al momento de hablar de mencionar los requisitos de durabilidad que deben verificar las dosificaciones, Hormicoop garantiza requisitos mínimos que satisfacen condiciones de durabilidad para las clases de exposición A1 y A2, mientras que el cliente solicitará cualquier condición extra para verificar las condiciones en tipos de exposiciones más agresivas.

En la tabla 4.6 *“Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura”* se muestran resaltadas las condiciones garantizadas por Hormicoop, estas son:

1. Máxima razón agua/cemento:
 - En Accesorios: 0,40 sobre un límite máximo de 0,50.
 - En postes: 0,475 sobre un límite máximo de 0,50.
2. Mínima resistencia especificada:
 - En Accesorios: 25 Mpa sobre un límite mínimo de 25Mpa.
 - En postes: 30Mpa sobre un límite mínimo de 30Mpa.

3. Penetración de agua o succión capilar:

Al garantizar Hormicoop las condiciones de durabilidad, se puede ver en la Tabla 4.6, que para el tipo de exposición A2, se debe verificar penetración de agua o succión capilar. Los ensayos para determinar la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido se realizan mediante la norma IRAM 1554. Sin embargo, el CIRSOC en su artículo 2.2.11.2 reserva este ensayo a los hormigones de las estructuras destinadas a contener o conducir agua que no es el caso de postes y accesorios por lo que no existe motivo para su ejecución. Si en cambio, se debe realizar el ensayo de succión capilar de acuerdo con el ensayo de la norma IRAM 1871 con probetas cilíndricas de diámetro 100mm, y en donde la velocidad de succión capilar debe ser menor o igual a $4,0 \text{ g/m}^2\text{s}^{1/2}$.

Este ensayo no se realiza actualmente en Hormicoop, sin embargo, se pretende incorporar al SGC en el corriente año como ensayo anual, sobre probetas de hormigón de las dosificaciones elaborados en el establecimiento.

Tabla 4.6 Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	----	----	----	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c \text{ min}}$ (MPa)										
Hormigón simple	----	----	----	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento pórtland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podrá reemplazar la razón agua/cemento (a/c), por la razón agua/ material cementicio $[a/(c+x)]$, que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

En el ANEXO 1 se encuentran las Tablas 2.1 y 2.2 donde se muestra las clases de exposición que producen corrosión en la armadura, el tipo de proceso que afecta la armadura y ejemplo de estructuras donde se pueden dar una determinada clase de exposición.

4. Durabilidad frente a carbonatación del hormigón.

En la tabla 4.7 extraída del CIRSOC, que se muestra en la siguiente página se puede observar que para el tipo de exposición A2, que es el grado de exposición que Hormicoop garantiza, las armaduras de las estructuras se encuentran sujetas a posibles procesos de carbonatación, por lo que se debe garantizar durabilidad ante este fenómeno.

El hormigón brinda una doble protección a las armaduras, por un lado, genera una barrera física que lo separa de las exposiciones del entorno. Y, además, brinda protección a la armadura mediante una película acuosa generada por el líquido contenido en los poros del mismo, esta película de elevada alcalinidad, impide la corrosión de las armaduras garantizando la durabilidad del hormigón armado. Sin embargo, si la alcalinidad del hormigón disminuye por circulación de agua mediante fisuras u hormigón de mala calidad, se originan procesos de carbonatación que destruye esta película e inician procesos de corrosión en las armaduras, fenómeno que se conoce como despasivación de las armaduras. Para que la corrosión se origine es necesario la existencia de oxígeno, agua y un PH bajo del hormigón por lo que estos procesos no se originan en hormigones secos o saturados.

Para controlar este fenómeno de corrosión en la armadura Hormicoop define los siguientes parámetros obligatorios a cumplir en los productos elaborados:

- Espesor mínimo de recubrimiento: 15mm.
- Contenido mínimo de cemento: 280Kg/m³.
- Relación a/c según parámetros definidos en la Tabla 2.5 Reglamento CIRSOC.

Tabla 4.7 Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras.

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimentos • Losas para estacionamientos

Si bien Hormicoop garantiza la durabilidad para tipos de exposición A1 y A2 existen otras condiciones a definir, como, por ejemplo, contenido mínimo de aire intencionalmente incorporado, contenido máximo de cloruros, etc. para las restantes clase de exposición, ante esto rige la misma política adoptada anteriormente, es decir será el cliente, por conocer el ambiente de implantación de la obra quien definirá aquellos requisitos y los brindará a Hormicoop en el pliego de especificaciones para considerarlo en la elaboración de sus productos.

CAPITULO N.º 5: CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO.

5.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se tratará el control de calidad aplicado al proceso productivo, ya que resulta tan importante el control de la calidad de los materiales intervinientes como el control durante el proceso, sería en vano, emplear materiales aptos si el proceso es descontrolado.

Para no extender demasiado el trabajo, y considerando que el proceso productivo de accesorios es una simplificación del proceso productivo de postes, se explicara solamente este último, exponiendo las etapas del proceso, y mencionando en los mismos, los controles que deben realizar, tanto por parte de los operarios responsables del puesto como del área de calidad de la fábrica.

5.2. CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad sobre los productos elaborados se realiza en forma diaria y aleatoria sobre el proceso productivo de al menos 3 postes y accesorios de diferentes características, generalmente de distintas líneas de producción (baja, media y alta tensión), aunque los controles se pueden extender, lógicamente, a más productos dependiendo de la producción.

En el control de calidad del proceso se pretende realizar la verificación desde el inicio a fin de la producción de una misma pieza, y buscando la alternancia diaria de los diferentes productos elaborados dentro de una misma línea para tener, de esta forma, un control representativo de la producción, es decir, controlar el proceso productivo de por ejemplo un poste desde comienzo a fin, y verificando el cumplimiento de todos los requisitos, al día siguiente se verifica otro poste de la misma línea de producción pero con diferentes características (otro largo y rotura).

El documento de control para el caso de postes es el RP03-03, que contiene la información necesaria para la producción de postes y que se mostrara más adelante, en la imagen 5.4. Para accesorios, en cambio, el documento de elaboración y control es el DT5.

La verificación de cualquier etapa del proceso se asienta mediante una tilde (✓) en el RP 14-01, tal como se muestra en la imagen 5.1.

B. SOBRE PRODUCTO (Postes, Accesorios, Contrapesos)							
PRODUCTO	<i>A° Pasiva, cantidad, diametro y ubicación.</i>	<i>Control de A° Pretensado, cantidad, posición.</i>	<i>Control PAT, Posición y Cantidad.</i>	<i>Terminación superficial y rectitud</i>	<i>Control de recubrimiento 15/20mm.</i>	<i>Control de Ganchos de Izajes.</i>	<i>Control de Lobulos, Ganchos, caños.</i>
Po 7 Rx 1500	✓	✓	✓	✓	✓		
Po 13 Rx 900	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Po 27,5 Rx 4800	✓	✓	✓	✓	✓		
PPPK 1,6 Rx 3500	✓		✓	✓	✓	✓	✓
PPPZ 3 Rx 4100	✓		✓	✓	✓	✓	✓
PPPZ 3,8 Rx 7200	✓		✓	✓	✓	✓	✓

Imagen 5.1. Fragmento del RP14-01" Control volante" destinado a registrar los controles sobre las diferentes etapas del proceso productivo.

En caso de surgir alguna no conformidad durante el control de calidad, esta puede ser menor, en cuyo caso se puede subsanar mediante una corrección, por lo que se informa al área de producción para corregir el desvío. O en cambio, una no conformidad de rechazo, en el que se marca la pieza con problemas mediante la inscripción "X NC" con aerosol de color rojo sobre la superficie de la pieza y en un lugar visible para apartarla

del lote productivo. En este último caso, además de notificar al jefe de producción, se informa al programador para que planifique nuevamente la elaboración de una nueva pieza en reemplazo de la rechazada.

5.3. EI RP 03-03.

El RP 03-03 es el documento utilizado para la producción y también para el control de calidad de postes. Dicho documento, elaborado por el área técnica, se mencionará reiteradas veces en el desarrollo de esta unidad, en la medida que se explique el proceso productivo.

La imagen 5.2 muestra un ejemplo de este documento, en el mismo se detalla entre otros ítems:

- Cliente, plazo de entrega y orden de fabricación.
- Cantidad de postes de igual característica a fabricar en un molde determinado.
- Características del poste; longitud, tiro de rotura, diámetro de cima y base.
- Detalle de la armadura de pretensado.
- Detalle de la armadura transversal (espiral).
- Detalle de la armadura pasiva (cantidad, diámetro y longitud de los cortes).
- Bloquetes (cantidad y posición).
- Detalle de caños (solo para baja tensión).
- Volumen de hormigón a colar.


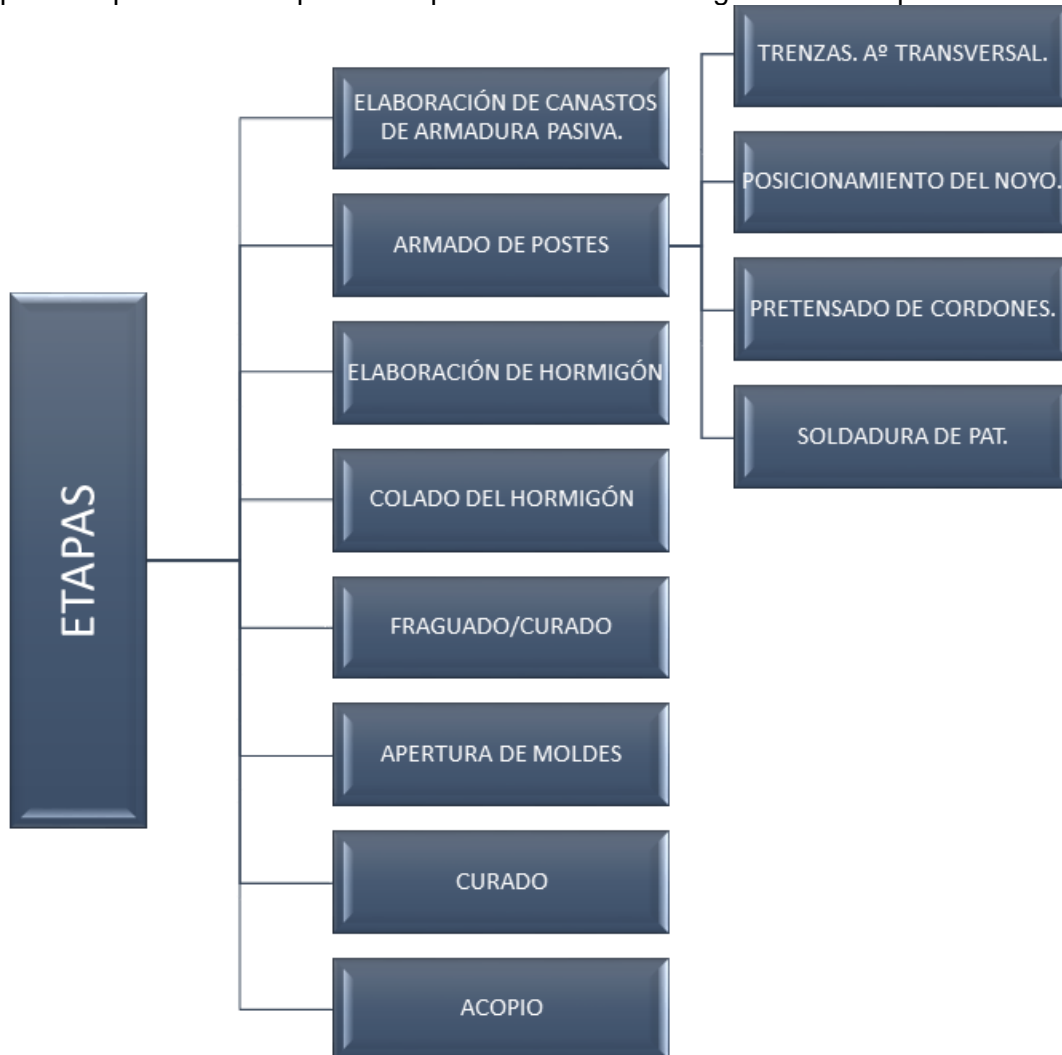
				FECHA: 05/04/2018		Cliente: Item Construcciones S.A Plazo Entrega: 15/06/2018			Molde: Fórmula Nº 35 Registro de proceso										
				REVISIÓN: 00		Realizo: Emanuel Cimossa Reviso: Lucas Ferreyra			OF Nº 2145 RP03-03										
Item	Cantid.	POSTE		Ø		Cordón 1/7"	ESPIRAL			Armad. Ref.			PAT		Caños		Marca	Volumen (m3)	Observ
		Long. (m)	Rotura	Cima	Base		Diam.	Paso (cm)	de-hasta (m)	Cant.	Diam.	L(m)	de cima (m)	de base (m)	Vert. (m)	Horiz (m)			
1	4	24,50	3150	40	76,75	12	4	5	0 hasta 8-(2espiras)	4	16	7	0,00	2,60	no	no	5	3,67	
									9 hasta 24,5-(1espi.)	4	16	12	3,85	5,05					
										4	16	15	5,45						
										4	16	21,5	7,05						
										Mts de hierro 222									

Imagen 5.2. Registro de procesos RP 03-03.

5.4. PROCESO PRODUCTIVO:

El proceso productivo de postes se puede dividir en las siguientes 8 etapas:



5.4.1. Elaboración de armaduras.

La confección de la armadura pasiva de los postes, tal como se muestra en la imagen 5.3, se realiza mediante canastos con barras de hierro ADN 420S que son distribuidas radialmente en la periferia de aros del mismo material dispuestos cada 1,5m, el propósito de estas barras es, junto a la armadura de pretensado, resistir los momentos flectores de la pieza que se generan por el tiro de rotura, que es una fuerza equivalente en la cima como resultado de los diversos esfuerzos generados sobre la estructura. Como el momento flector disminuye desde la base a la cima se presenta la posibilidad de disminuir las barras de acero en este sentido, generándose cortes en la armadura, disminuyendo la cantidad de barras, e incluso al estar pretensados los postes, en la zona de la cima, no se disponen de barras porque los momentos son absorbidos únicamente por los cordones de pretensados.

Las barras de acero ADN 420S utilizadas dependen lógicamente de los esfuerzos a los que esta solicitada la pieza, pero generalmente se utilizan Ø 6, 8 y 10mm para los canastos de baja tensión, Ø 10, 12 y 16mm para los canastos de media tensión y Ø 12, 16, 20 y 25mm para el caso de alta tensión.



Imagen 5.3. Imágenes de dos canastos de las mismas características, el de la izquierda en proceso de fabricación, mientras que el de la derecha ya está concluido y en condiciones de enviar al próximo sector productivo.

La armadura se fabrica de acuerdo al documento registro de proceso RP03-03, una copia de esta planilla se reparte en el puesto de armado del poste, para que el operario de ese sector realice la segunda etapa del armado y solicite al hormigonero el volumen de hormigón necesario, también detallado en esta planilla.

Control de calidad:

En la inspección de esta sección se controla:

- Diámetro, cantidad y longitud de las barras de cada corte.
- Disposición de las barras distribuida simétricamente alrededor de los aros.
- Calidad de las uniones, sean estas, soldadas o atadas.
- Barras libres de manchas de grasa o aceite.
- Barras libres de óxido, salvo una película superficial, siempre que desaparezca al frotar ligeramente con un trapo seco.
- Empalmes de armadura por yuxtaposición soldada o atada, cumpliendo los siguientes requisitos:
 - No se admite en una sección transversal más de un empalme por cada 5 barras.
 - Los empalmes de una misma barra se deben distanciar más de 3 m.
 - Las secciones del poste con empalmes se deben distanciar entre sí una distancia mayor o igual a 50 cm.
 - Los empalmes se deben disponer en forma alternada.

5.4.2. Armado del poste.

El armado de postes incluye las tareas que se realizan sobre el noyo del molde previo al colado del hormigón en el molde, para el caso de postes, el armado tanto como el colado se lleva a cabo con 2 operarios, un jefe de molde y un ayudante, que realizarán todos los pasos hasta transportar el producto hasta el sector del curado.

Garantizada la calidad de las materias primas y el hormigón, estas personas serán en buena parte los responsables directos de garantizar la calidad del proceso productivo ya que intervienen en el armado, pretensado, colado y tiempo de fragüe del hormigón.

El armado incluye las siguientes etapas:

A. Colocación de trenzas - A° Transversal.

Previo al montaje de las trenzas, se debe acondicionar el noyo, para ello se imprime líquido desmoldante en toda la superficie del mismo, teniendo en cuenta que este, se retirará del molde ni bien inicia el fraguado del hormigón y se deben disminuir al mínimo las fricciones entre el noyo y el hormigón para evitar dañar la masa de hormigón y por ende al poste.

Realizada esta tarea se monta primeramente el canasto de armadura, luego se colocan los cabezales de pretensado y se enhebran en este último las trenzas o cordones de pretensado, que son encuñados de acuerdo a la cantidad establecida en el RP 03-03, seguidamente a esto, se coloca la barra de hierro liso sobre la que se soldarán las puesta a tierra (PAT) que sirven como vehículo para transportar posibles cargas eléctricas a tierra, posterior a esto se distribuye en forma de espirales la armadura transversal manteniendo el paso del alambre galvanizado en toda la longitud del poste reforzando con doble paso la zona del empotramiento y la cima.

En el documento Registro de proceso RP03-03, que ya se mencionó en la elaboración de la armadura pasiva, se encuentra, también, especificado el número de trenzas a colocar y el diámetro de la cima del poste, dato que es necesario para seleccionar el cabezal a utilizar sobre el que luego se enhebran las trenzas.

El número máximo de trenzas en un poste se define en función de la sección de hormigón del poste en la cima, pues a partir de una determinada cantidad de trenzas, la sección hormigón no es capaz de absorber la transferencia de esfuerzos que se da en el destensado de los cordones y hace estallar la zona de la cima que es la de menor espesor, incluso, afectando el pretensado de la estructura.

En la imagen 5.4. se observa, en la fotografía de la izquierda, la estructura de la cima del poste, con doble sunchado de la armadura transversal, y el encuñado de las trenzas en el cabezal de pretensado, mientras que en la fotografía de la derecha se aprecia, además del cabezal de la base, la tapa de acorte que regula el largo de los postes dentro del molde.



Imagen 5.4. Imágenes de la estructura de un poste de media tensión, previo a ser montado en el molde.

Control de calidad:

En esta etapa se controla:

- Cantidad, distribución, y encañado de las trenzas.
- Armadura transversal, en espiral simple en tramo, y doble en la zona de la cima, con paso igual o menor que 10cm.
- Posicionamiento de la barra de hierro liso.
- Sobre el estado de hierros, trenzas y alambres, serán estas, sin corrosión ni defectos superficiales visibles, pliegues, o mancha de grasa y aceite. Se admite una película superficial de óxido, siempre que desaparezca al frotar con un trapo seco.

B. Posicionamiento del noyo.

Este ítem incluye las actividades necesarias para centrar el noyo armado según se explicó anteriormente, para ello, se transporta mediante puente grúa el noyo que se encuentra armado en las proximidades de la base del poste y se lo coloca sobre el molde que ha sido previamente impregnado con desmoldante, posterior a esto, se cierra el molde y se fijan ambas partes móviles mediante pernos roscados en la zona de la boca de llenado, seguidamente se efectúa el centrado del noyo, mediante pinches de fijación que posee el molde en los laterales, y que penetran al noyo en orificios dispuestos para tal fin, estos pernos, lógicamente, deben retirarse al momento de retirar el noyo para evitar dañar las columnas.

El centrado del noyo es clave, con vistas a obtener dos condiciones igualmente importantes como lo son, recubrimiento mínimo y homogéneo e igual espesor de las paredes del poste en todo el perímetro, aspectos importantes ya que se debe obtener una sección homogénea como consecuencia de las paredes delgadas del poste.

En la imagen 5.5 se muestra la armadura de dos postes dispuestas sobre los moldes, previos a cerrar las partes móviles de los mismos para después centrar los noyos.



Imagen 5.5. Estructura de postes sobre moldes de media tensión.

Control de calidad:

En esta etapa se controla:

- Centrado del noyo.
- Recubrimiento de la armadura, en cualquier punto del poste, como mínimo 15 mm.

- Estado de barras de acero, cordones de pretensado y alambres. Notar que este punto se repite en todos los pasos dada la importancia de lograr buena adherencia entre el hormigón y el acero.

C. Pretensado.

El pretensado incluye la tarea de tensionar las trenzas o cordones dispuestos en los cabezales, dicha tarea se realiza mediante equipos de tensado que pueden ser, móviles para el caso de baja y media tensión o fija para el caso de alta tensión.

La correcta calibración de los equipos de tensado juega un papel fundamental en la estructura resistente del poste, ya que una tensión inferior a la que se estima por cálculo, aun considerando las pérdidas, induciría a una pieza con menor momento resistente del que se asignó por cálculo, y que se espera tenga durante su vida útil, por esto, Hormicoop cuenta con banco de calibración de tensadoras, donde las mismas son verificadas mensualmente, en dicha verificación se constata que la lectura de tensión registrada en el manómetro de la tensadora por aplicar una fuerza preestablecida, que debe coincidir con el que se lee en un display del equipo de verificación. Dicha prueba se realiza sobre un banco de prueba, que tiene encuñado un tramo de trenza en donde un extremo de la misma, es enhebrado a la bala de la tensadora. En la Imagen 5.6 se muestra el equipo de verificación realizando la tarea sobre una tensadora móvil.

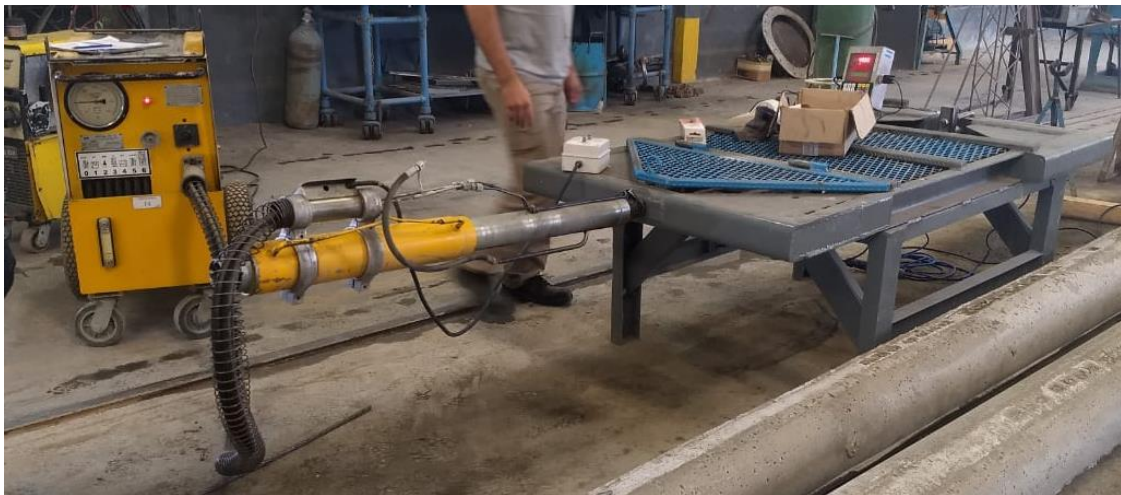


Imagen 5.6. Equipo de verificación de tensadoras.

Las tensadoras, que están calibradas para aplicar una tensión de 10000kg/cm^2 , y que la máquina registra a través de un manómetro, disponen de un sistema de bloqueo para no sobrepasar de esta tensión a los cables, sin embargo, la necesidad de alcanzar esta tensión queda bajo responsabilidad del operario ya que se puede tensar por debajo del valor requerido si el operario efectúa ineficientemente la tarea.

Para un tesado o tensado eficiente, las trenzas se deben disponer en forma radial y homogéneamente distribuidas con un ángulo constante. Al momento del tensado la tarea se debe realizar operando en forma de cruz, recorriendo todos los cordones del cabezal; en este sentido, es necesario verificar el buen estado de las cuñas que se utilizan, ya que se pueden producir zafes de los cordones haciendo inútil la trenza dentro de la sección del poste.

En la Imagen 5.7 se puede apreciar la máquina tensadora utilizada para el tensado de postes de baja tensión, y un operario realizando esta tarea sobre un molde.



Imagen 5.7. Maquina tensadora y operario realizando esta tarea sobre el molde de un poste.

Control de calidad:

Se debe verificar:

- El pretensado de todas las trenzas verificando que no se ha producido el zafe de ninguna de ellas.
- Recubrimiento de la armadura, en cualquier zona del poste, como mínimo de 15 mm.

D. Soldadura de las puestas a tierra (PAT).

Las PAT son soldadas mediante electrodos al hierro liso que recorre la totalidad de la longitud del poste y es visible desde la boca de llenado tal como se muestra en la imagen 5.8.

La cantidad mínima de PAT que debe disponer un poste esta especificado en la Norma IRAM 1605, cantidades que pueden variar de acuerdo al número de accesorios que presente la estructura ya que las cargas se transmiten eventualmente del cable al accesorio y de este al poste, a esto se suma una PAT extra, próximo al nivel de empotramiento del poste, donde se abulonará el cable de cobre que estará en contacto con la jabalina para de esta forma, transferir posibles pérdidas de corriente al terreno, deselectrificando la estructura.

La posición y cantidad de bloquetes que el operario debe soldar se detalla también en el RP03-03.



Imagen 5.8. Bloquete o PAT soldada al hierro liso AL 10mm.

Control de calidad:

Respecto a la soldadura de las PAT, se debe verificar:

- Cantidad de bloquetes y posición de los mismos.
- Estado de las uniones soldadas.
- Estado de los cordones de pretensados visibles ya que no está permitido afectarlos por chispas de soldadura.

5.4.3. Elaboración del hormigón.

La elaboración de hormigón se realiza en una planta dosificadora mediante mezcladora; la planta cuenta con una tolva de carga de agregados que es abastecida por una pala tipo frontal con los distintos agregados disponibles en la playa de acopio, de aquí y mediante una cinta transportadora se lleva el material a las tolvas de agregados, que son cuatro, dos destinadas a agregados finos y las dos restantes para agregados gruesos.

El responsable del sector que, además, es el líder de producción en el turno de trabajo, selecciona en el software, la dosificación a emplear y el volumen a producir, autorizada la ejecución del pastón, automáticamente se pesan las cantidades requeridas de cada componente, en el caso de los agregados, tanto finos como gruesos, son transportadas mediante cinta a la mezcladora. Para el caso del cemento, que se acopia a granel en silos, se transporta mediante un tornillo sin fin a una tolva donde se pesa, y de esta a la mezcladora, por último, se agrega el agua que se obtiene de la red de agua potable de la localidad, y que se mide a través de un caudalímetro y es conducida a la mezcladora mediante una red de cañerías.

Ingresados los componentes del pastón, se dispone de un ciclo de mezclado, que una vez concluido, da la posibilidad de autorizar la descarga a una tolva que está montada sobre un carro móvil, y que luego se desplaza sobre vías hasta un punto donde es tomada por un puente grúa que permite el traslado hasta el molde.

Es importante destacar que las tolvas, tanto de agregados como de cemento, cuentan con básculas que son calibradas anualmente por laboratorios del rubro con el propósito de disminuir desvíos que generen alteraciones en la calidad del hormigón producido. Los certificados que se expiden en dicha calibración, forman parte de la documentación enviada a los clientes para demostrar trazabilidad del proceso productivo.

A continuación, en la imagen 5.9 se muestra el equipo hormigonero de Hormicoop, donde se aprecian alguno de los componentes de la misma, este equipo elabora en promedio 80 toneladas de hormigón por mes. Se puede apreciar, también, en la misma imagen, la minipala frontal utilizada en la reposición de agregados y la tolva de colado.



Imagen 5.9. Equipo hormigonero de Hormicoop, minipala cargadora y tolva de llenado.

Control de calidad:

En esta etapa, los controles que se realizan sobre el proceso corresponden a la calibración anual de las básculas de las tolvas de cemento y agregados que ya se mencionó anteriormente.

5.4.4. Colado del hormigón.

Una vez producido el hormigón y vertido en la tolva, se transporta al mismo sobre un carro hasta la zona del puente grúa, donde el gancho del puente toma a la tolva desde la parte superior por medio de un ojal que esta dispone, y luego, la traslada a la zona del molde.

Ya posicionada la tolva sobre el molde, se coloca la compuerta inferior de la tolva en coincidencia con la boca de llenado del molde, tal como se observa en la imagen 5.10, a posterior, se encienden los equipos vibratorios adosados a los cuerpos del molde para de esta forma garantizar la compactación del hormigón, luego se comienza a desplazar

dicha tolva en la longitud del poste reiteradas veces hasta alcanzar el enrase superior del molde, en el tercio superior, la tarea de colado se acompaña mediante palas o palillas para que se complete el colado en forma eficiente.

Concluido el colado del hormigón, se apagan los equipos vibratorios y se coloca vapor, (esta tarea se desarrollará en el próximo ítem), a posterior, se comienza con el fratasado de la única cara vista que dispone el molde, que es la boca de llenado, una vez hecho este paso y cuando el hormigón ha comenzado la ventana de fraguado inicial, se hace el sellado de la leyenda correspondiente (Razón social, largo, tiro de rotura, fecha de elaboración, legajo del jefe del molde y número de ítem).

Es clave para esta etapa del proceso, el asentamiento de la mezcla, pues debe ser lo suficientemente trabajable para colaborar con los equipos vibratorios en la compactación y a su vez lo suficientemente seca como para evitar segregación de agregados por los efectos vibratorios.



Imagen 5.10. Operarios ejecutando el colado de hormigón de un poste de alta tensión.

Control de calidad:

En esta fase se controla:

- Comportamiento del hormigón durante el colado.
- Sellado y terminación superficial de la cara vista.

5.4.5. Fraguado. Curado de postes.

El curado refiere a los tratamientos que se realizan sobre el hormigón, ya colado, con el propósito de conservar las condiciones de humedad y temperatura adecuada, se desarrolla en un rango de tiempo necesario para asegurar un correcto endurecimiento que garantice el cumplimiento de las condiciones de resistencia, durabilidad, e impermeabilidad.

En postes, concluido el llenado, se le suministra vapor a temperatura creciente en los primeros 30 minutos hasta hacerse constante. Este curado es necesario para adelantar resistencia en el hormigón a temprana edad, suministrando calor y humedad adicional al concreto, ya que la ganancia de resistencia es útil para cortar los cables de pretensados del cabezal y poder transferir los esfuerzos al hormigón lo más rápidamente posible para de esta forma, poder repetir el ciclo productivo.

El curado en Hormicoop se aplica mediante vapor a baja presión que suministran dos calderas y lo distribuyen por medio de una red de cañerías con terminales en los moldes.

La imagen 5.11 muestra el curado de postes, en ellos, el vapor se aplica en el extremo hueco de la cima mediante una manguera regulada mediante llave de paso, apenas terminado el proceso de colado y por un lapso de tiempo que depende de la temperatura ambiente y del volumen de hormigón de la pieza, con un promedio de 1,5 horas para baja tensión, 2 horas en media tensión y alrededor de 4,5 horas en alta tensión, alcanzando una temperatura máxima constante de alrededor de 65° en el interior de la masa del hormigón. El vapor circula por el interior hueco del poste hasta su base, la que se encuentra cerrada mediante una tapa, por lo que el vapor retorna hacia la zona por donde ingresó, logrando de esta forma un curado uniforme de la masa del hormigón.

Transcurridos los primeros instantes del fraguado inicial del concreto se debe retirar el noyo del poste, previo a retirar los pernos colocados para centrar al mismo, es un periodo ventana crítica, ya que si se retira con el hormigón sin estar lo suficientemente endurecido pueden ocurrir desprendimientos del mismo, mientras que si transcurre demasiado tiempo se genera adherencias entre las paredes internas del poste y el noyo haciendo imposible retirar este último, debiendo demolerse la pieza para recuperar al mismo.

Retirado el noyo, y mientras se completa el proceso de fraguado del poste con vapor los mismos operarios responsables del molde comienzan el proceso de colocar las armaduras sobre el noyo retirado para iniciar el proceso de fabricación del próximo poste.



Imagen 5.11. Moldes de poste de baja tensión durante el proceso de curado a vapor.

5.4.6. Apertura del molde.

Cumplido el periodo de fragüe, se procede a cortar con amoladora cada uno de los cordones de pretensado, con la misma secuencia que se tensaron, y se retiran los cabezales del molde, a posterior, se quitan los pernos que mantenían unidas las partes móviles del molde y se da apertura de las mismas.

Una vez abierto el molde y aprovechando la temperatura del hormigón recién endurecido, se pasa una varilla de hierro ADN 420S sobre la zona de la fratasada que es la única cara vista del molde, para retirar excesos de hormigón y facilitar la tarea al sector de curado.

Concluida esta tarea, utilizando fajas o perchas se retira el poste del molde mediante puente grúa y se lo transporta al sector de curado donde se lo deposita sobre caballetes para su posterior terminación superficial.

Con esta tarea concluyen las tareas a cargo del jefe y ayudante del molde, que como ya se mencionó, son miembros fundamentales en el proceso de calidad de los productos ya que estos operarios tienen tareas delicadas para la calidad, pues deben reproducir lo más fielmente posible las consideraciones tomadas en la ejecución de los cálculos, además, de otras propias del proceso como recubrimientos mínimos, posicionamiento de la armadura, pretensado de los cables, ubicación de PAT, colado y compactación del hormigón, tiempo de vapor, y proceso de fragüe. Cualquier falla en una o en algunas de estas, puede dar origen a no conformidades sobre la pieza o incluso de ensayos a flexión no conformes con rechazos del lote productivo.

En la imagen 5.12. que se muestra a continuación, se observa un poste de línea de media tensión inmediatamente después de abrir el molde y aplicarle el fratasado a su cara vista, en esta imagen se observa, también, el sello reglamentario de postes.



Imagen 5.12. Poste de media tensión posterior a la apertura de molde.

5.4.7. Acabado.

En esta sección se realizan todas las tareas vinculadas a mejorar la terminación superficial de los postes, tiene fines estéticos, pero también de durabilidad de la pieza. El trabajo consiste en pasar inicialmente una bolsa cerealera en toda la superficie exterior del poste para retirar restos de hormigón sueltos, posterior a esta tarea, con un fieltro, se aplica una delgada capa de un mortero cementicio tipo grout para cubrir cualquier imperfección superficial, seguido a esto, con un mortero cementicio, se realizan las terminaciones de las secciones de cima y base para recubrir la armadura de pretensado visible, por último, se inscribe en la cima el número de ítem, mientras que en la base se inscribe largo, tiro de rotura y fecha de fabricación, el propósito de estas inscripciones es la de identificar fácilmente los postes cuando están estibados horizontalmente en la playa de acopio.

En la imagen 5.13 se muestran dos postes con el acabado superficial ya realizado, e incluso uno de ellos con la inscripción de la leyenda correspondiente a la cima, en condiciones de estibar.



Imagen 5.13. Banco de curado de postes.

El acabado, es la última etapa del proceso productivo por lo que esta sección tiene la responsabilidad de relevar cualquier imperfección que considere que afecta la calidad del poste o no cumpla las condiciones establecidas, dar parte al área de calidad y asentarlas en el *RP07-03 Autocontrol de acabado de postes*, cuyo formato se muestra en la imagen 5.14, para generar una solución y retroalimentación de información que permite mejorar el proceso.


		AUTOCONTROL DE ACABADO POSTES									Fecha: Rev:01		RP07-03
											Turno: 02/05/2019		
OF N°	Item	Poste	Características a verificar								Observaciones y /o Paradas		
			Bloquetes destapados	Caños destapados	Marcación legible	Marcación en base	Terminación fratachada	Terminación superficie	Terminación interna	Identificación matrícula			
✓	Significa conforme la característica a controlar					Realizó:							
X	Significa No conforme, en este caso se deberá colocar la observación					Controlo Calidad							

Imagen 5.14. RP 07-03 "Autocontrol de curado de postes"

Control de calidad:

En esta fase, que como se dijo es la última del proceso, y en la que se puede determinar cualquier falencia del producto se debe controlar:

- Marcación legible sobre fratasada.
- Marcación en base y cima.
- Toma de tierra: (PAT). Deberán estar perfectamente enraizados a la superficie del poste. Su cara expuesta deberá estar perfectamente limpia para asegurar un

adecuado contacto eléctrico. La rosca de los bloquetes deberá estar protegida por un tapón plástico fácilmente identificable y extraíble en obra.

- Terminación superficial: Los postes deben presentar una terminación superficial uniforme, libre de oquedades y protuberancias que disminuyan el recubrimiento de la armadura del poste. Tampoco podrá haber fisuras preexistentes mayores que 0,1 mm originadas por la retracción por fraguado del hormigón.
- Medidas: Cualesquiera sean las características del poste, se admite una discrepancia en las medidas con respecto a los valores nominales de $\pm 1\%$ en dirección longitudinal con un máximo de 10 cm, y de $\pm 5\%$ en dirección transversal, con un máximo de 2cm en más y de 0,5cm en menos.

5.4.8. Acopio.

El acopio constituye el último estadio del material en Hormicoop, y aunque no forma parte del proceso productivo, en esta etapa los postes son estibados por al menos un periodo mínimo de 14 días hasta que la inspección del cliente libere, total o parcialmente, el lote de piezas que componen una obra.

Tal como se muestra en la imagen 5.15, los postes se estiban en pilas en la playa de acopio, debidamente encuñadas para restringir el movimiento del poste, dándole, de esta forma, estabilidad.



Imagen 5.15. Estiba de postes en playa de acopio.

En la imagen 5.16, a modo de cierre de este capítulo, se muestra una vista panorámica de la producción de Hormicoop, acopiada en las playas, esperando liberación por parte de la inspección de los respectivos clientes, para posteriormente montar en obra.



Imagen 5.16. Vista panorámica de la playa de acopio de Hormicoop.

CAPITULO N.º 6: CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO.

6.1. INTRODUCCIÓN.

En esta sección se explican los protocolos redactados para la liberación de las piezas que componen una obra.

Teniendo en cuenta que el control de calidad sobre el producto terminado se realiza una vez concluido el acabado superficial de postes, en esta parte se explica la documentación enviada a los clientes y ensayos a ejecutar sobre los mismos para acreditar la liberación de la producción, concluyendo así, el ciclo de las piezas en fábrica.

Al igual que en el capítulo anterior, la explicación de esta unidad se aboca a postes, aunque en realidad el control es similar para ambos productos.

6.2. MODOS DE LIBERACIÓN DE UNA OBRA.

Existen dos modos de liberación de las piezas que componen una obra:

- Mediante protocolos de liberación.
- Mediante ensayos e inspección visual.

Cualquiera sea la modalidad de inspección adoptada, esta puede ser total o parcial, sobre uno, o varios ítems determinados.

6.3. LIBERACIÓN DE OBRA MEDIANTE PROTOCOLOS.

Este modo de liberación, consiste en un informe técnico que contiene información sobre la trazabilidad de los productos, para ello cada producto cuenta con una etiqueta identificatoria que se ata con alambre a los canastos de armadura al comienzo del proceso productivo y que, en el sector de curado, al final del mismo, se pega en la parte interna del poste, para servir de identificación en la obra.

En esa etiqueta se detalla, tal como se aprecia en la imagen 6.1, la siguiente información que sirven para identificar particularmente un producto y realizar su trazabilidad:

- Código de artículo: Es un código interno que permite identificar el producto en el sistema de gestión de la empresa.
- Identificación del poste: Largo expresado en metros, rotura expresada en daN y diámetro de la cima entre paréntesis.
- Cliente: N° de cliente y razón social.
- Orden de fabricación e ítem que integra dentro de la orden.
- N° Matrícula: Es una identificación interna del producto dentro del ítem que componen una obra. En síntesis, cada pieza tiene asignado un número de matrícula, dentro de un ítem particular de los que componen una obra.

La asignación de matrículas se realiza en forma automática por el software interno de la empresa, conforme se fabrican las piezas.

La liberación de productos, mediante protocolos puede ser suficiente para liberar una obra, o ser un anexo dentro de la inspección visual del lote a liberar por parte del cliente.



Imagen 6.1. Etiqueta identificatoria.

El informe técnico de protocolos que se le brinda al cliente está compuesto por:

- Listado de matrícula.
- RP14-17 “Certificado de trazabilidad de productos”
- Protocolos de calidad del cemento.
- Curvas granulométricas de las dosificaciones utilizadas.
- Copia del informe del ensayo de calidad del agua.
- Copia de certificados de trazabilidad de la partida de hierros que se utilizaron para fabricar los productos en cuestión (barras ADN, barras AL, trenzas y cordones de pretensado, alambres y bloquetes).
- Copia de certificado de calibración del instrumental utilizado, báscula de tolva de agregados y cemento, prensa de ensayo de probetas, y de ser necesario certificado de calibración del dinamómetro utilizado para el ensayo a flexión.

6.3.1. RP 14-17 “Certificado de trazabilidad de producto”.

Este certificado está compuesto por dos partes:

- La primera de ella, que se muestra en la imagen 6.2, muestra la fecha de elaboración de las piezas, la dosificación y tipo de cemento empleado, la resistencia especificada de diseño, la resistencia característica alcanzada en el lote de probetas ensayados con esa dosificación y los asentamientos relevados en ese día, para esa dosificación determinada.
- La segunda parte releva los controles realizados sobre producto terminado en forma diaria y asentado en el RP14-01 “Control volante” referidos a la orden de fabricación en cuestión, y de no existir ninguna no conformidad se emite un certificado validando la conformidad de la inspección.

Este RP, también fue reorganizado dentro de las mejoras que surgieron en la ejecución de la PS, al documento original, además, de mejoras para facilitar su lectura e interpretación, se cambió la forma de informar los resultados de ensayo a compresión, anteriormente se informaba el valor del ensayo a compresión de la probeta elaborada con la dosificación que se fabricó la pieza, con los cambios implementados, el resultado que se brinda es el del lote productivo de la semana en que se fabricó la pieza.

Otros de los cambios, que en realidad se trata de incorporación, y corresponde a la segunda parte del RP, donde se elabora un certificado en base a los controles relevados en el proceso y asentados diariamente en el RP 14-01.

		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD						Registro de proceso	
		Certificado de Trazabilidad del Producto						RP14-17	
LABORATORIO DE HORMIGÓN Y MATERIALES HORMICOOP								Hoja N°: 1 de 1	
CERTIFICADO DE TRAZABILIDAD DEL PRODUCTO									
ÁREA DE CALIDAD									
OF: 2743				CLIENTE: TEL 3 S.A.U					
REGISTRO DE TRAZABILIDAD DEL PRODUCTO									
Fecha	Tipo de producto	Cantidad	Matricula	Dosif H°	Tipo de cemento	Asent. (cm)	f'c Diseño	ENSAYO COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	
								14 Días	28 Días
ITEM: 3		ARTICULO: Po 26,00 Ro 5550						Cantidad Fabricada: 2/2	
12/06/2020	Poste	1	M2	AT	CPN 40	7,00	H35	37,87	43,21
12/06/2020	Poste	1	M4	AT	CPN 40	8,50	H35	37,87	43,21
Total		2							
ITEM: 3		ARTICULO: K 0,65 Rx 2900						Cantidad Fabricada: 2/2	
12/06/2020	Accesorio	2	M2-4	H02	CPN 40	0,00	H25	37,87	43,21
Total		2							
ITEM: 3		ARTICULO: K 2,90 Rx 2400						Cantidad Fabricada: 6/6	
16/06/2020	Accesorio	5	M6 - 7-8-9-10	H02	CPN 40	0,00	H25	31,24	34,63
17/06/2020	Accesorio	1	M22	H02	CPN 40	0,00	H25	31,42	34,63
Total		6							

Imagen 6.2. Fragmento de la primera parte del RP 14-17

6.4. LIBERACIÓN MEDIANTE ENSAYO E INSPECCIÓN.

En este tipo o modo de liberación puede que el cliente, quien encarga la construcción de la obra a Hormicoop, inspeccione por sí mismo mediante un inspector propio, o en su defecto, solicite inspección al organismo que será propietario de la obra, EPEC por ejemplo en el caso de Córdoba. Cualquiera sea la entidad que lleve a cabo la inspección desarrollara una control visual y dimensional del material a liberar, además, de un ensayo a flexión de postes.

6.4.1. Inspección visual.

En la inspección visual, el inspector observa las piezas objeto de liberación, el criterio de aceptación esta detallado en Norma IRAM, para el caso de postes, el criterio se encuentra detallado en la ya mencionada Norma IRAM 1605, estos requisitos son:

- *Respecto a terminaciones superficiales:* Debe ser uniforme libre de oquedades y protuberancias que disminuyan el recubrimiento de la armadura.
- *Respecto a la existencia de fisuras:* No deben ser mayores que 0,1mm medidas con lupa de graduación aumentada. El origen de estas fisuras podrán ser fisuras perpendiculares a la armadura principal u originadas por retracción de fraguado del hormigón.
- *Respecto a la posición de los bloquetes:* Se exigen perfectamente enrasados a la superficie del poste, para garantizar de este modo, un adecuado contacto eléctrico. Se verifica, además, que la rosca de los bloquetes estén protegidas con un tapón de plástico fácilmente identificable y extraíble en obra.

Notar que estos requerimientos por parte de la inspección, son en realidad, los controles internos que se realizan previo a la inspección.

6.4.2. Control dimensional.

Respecto a las dimensiones: Aunque los requerimientos ya se mencionaron como un control a ejecutar en el curado, los requisitos dimensionales que deben cumplir un poste para lograr su liberación son:

- Discrepancia con respecto a los valores nominales de $\pm 1\%$ en dirección longitudinal, con un máximo de 10cm.
- Discrepancia con respecto a los valores nominales de $\pm 5\%$ en dirección transversal, con un máximo de 2cm en más, y un máximo de 0,5cm en menos.

6.4.3. Ensayo de flexión.

El ensayo de flexión, es la prueba típica, que la inspección de obra, solicita para verificar la calidad de los postes, el ensayo, que se encuentra especificado en la IRAM 1605 se realiza empotrando un poste en un banco de prueba, simulando las condiciones reales del poste en servicio.

El ensayo consiste, tal como se muestra en la imagen 6.3, en empotrar, en un banco de prueba, un poste en posición horizontal, y aplicar un esfuerzo en la cima del mismo proporcional al tiro equivalente para el que fue diseñado. El dispositivo para aplicar el mencionado esfuerzo está compuesto por un collar que se coloca en la cima del poste, y que mediante grilletes se unen a uno de los extremos del dinamómetro, mientras que, en el otro extremo del mismo, se une, también mediante grilletes, a un cable de acero que se ancla a un muerto, y al que se le suministra fuerza, colocando el extremo libre del cable en el gancho del puente grúa. El dinamómetro muestra mediante un display los valores de carga alcanzados, este instrumental debe contar, al momento de realizar el ensayo, certificado de calibración vigente de un periodo menor al año.



Imagen 6.3. Ensayo a flexión de postes.

El muestreo de postes para este tipo de ensayos depende del cliente, comúnmente se utilizan dos criterios: elección de un poste dentro del lote de mayor cantidad sin importar largo y rotura, o elección de un poste de mayor sollicitación sin importar la cantidad que conformen el lote.

El ensayo a flexión detallado en la IRAM 1605 puede ser en fase elástica, o destructivo a rotura, según se requiera, siendo el segundo de ellos complementario del primero.

Ensayo en fase elástica: Es el tipo de ensayo más solicitado, se aplican 4 niveles de cargas correspondientes a un porcentaje de la carga de rotura, según se detalla en la tabla 6.1, hasta alcanzar un valor límite máximo de 55% del tiro del poste.

En cada nivel de esfuerzo aplicado se toma registro de la deformación obtenida, para ello, previo a someter el poste a esfuerzos, se coloca un comparador sobre una referencia previamente marcada en la cima del poste. Aplicado el esfuerzo, el poste se desplaza una determinada distancia que es la deformación a la que está sometida el poste, dicha deformación es uno de los datos relevados en los protocolos de ensayo, medida esta deformación, se recorre la zona traccionada del poste para observar los mecanismos de fisuración, donde se marcan con tiza las fisuras y se agrega el número del tiro en que se materializo la misma, a posterior se miden espesores de las mismas mediante micrómetro óptico de escala graduada, estas deben ser menores a los definidos en la IRAM 1605 según cada tiro aplicado. Luego de cada tiro, se reduce la carga gradualmente a cero y se verifica que la flecha residual máxima sea inferior al 5% de la deformación elástica, seguidamente se verifica que las fisuras relevadas cierren correctamente.

En esta modalidad de ensayo, el poste verificado, se incluye en el lote a liberar, ya que las deformaciones en las que incursiono son elásticas, y en un cierto periodo de tiempo, se restituirá su condición original.

Ensayo destructivo de rotura: Esta prueba es la continuación del ensayo a flexión en fase elástica, aquí el poste incursiona en el campo plástico, con deformaciones residuales permanentes hasta alcanzar el colapso de la misma, se definen aquí tres intervalos de carga, más el de colapso, tal como se especifica en la tabla 6.1.

Aquí, a diferencia del ensayo anterior, se mide la flecha alcanzada pero no se reduce la carga a cero para medir flechas residuales, ni se analiza aperturas y cierres de fisuras, a grosso modo, en este ensayo solo interesa determinar la carga de colapso del poste.

Presenta la salvedad que, si el poste alcanza el 100% de la carga de rotura sin alcanzar el colapso, el ensayo puede darse como concluido, aunque el poste por presentar deformaciones permanentes no puede incluirse en el lote a liberar por lo que se debe producir una unidad extra, costeadada por el cliente.

Tabla 6.1 Cargas a aplicar en ensayo de flexión.

	FASE ELASTICA				DESTRUCTIVO			
	1º Tiro	2º Tiro	3º Tiro	4º Tiro	5º Tiro	6º Tiro	7º Tiro	8º Tiro
Postes de baja tensión Ro<750daN	20% Ro	30% Ro	40% Ro	55% Ro	70% Ro	80% Ro	90% Ro	> 95% Ro
Postes de baja tensión Ro>750daN	20% Ro	30% Ro	40% Ro	55% Ro	70% Ro	80% Ro	90% Ro	> 95% Ro
Postes de media tensión	25% Ro	30% Ro	40% Ro	55% Ro	70% Ro	80% Ro	90% Ro	> 95% Ro
Postes de alta tensión	25% Ro	30% Ro	40% Ro	55% Ro	70% Ro	80% Ro	90% Ro	> 95% Ro
<i>Ro: Carga última a la flexión</i>								

Criterio de aceptación del ensayo:

Es importante destacar que la conformidad de un poste ensayado representa la conformidad del total de ese lote de postes y de los que componen la obra, como contrapartida, si el ensayo concluye con resultados no aptos, la Norma IRAM determina salvaduras, que incluyen el ensayo a flexión de un número de muestras significativamente superior.

Los criterios que determinan la aceptación de un poste ensayado a flexión son:

- *Fisuras preexistentes:* Espesor $\leq 0,05\text{m}$.
- *Flecha residual:* Inferior al 5% de la flecha alcanzada en ese tiro.
- *Flecha máxima:*
 - Para postes de baja tensión: Sometidos a una solicitación del 50% de la carga última a flexión, la flecha máxima debe ser inferior al 6% de la longitud total del poste para postes $R_o < 750\text{daN}$, a 3.5% para postes $750 \geq R_o \leq 1050$ y del 2.5% para postes de $R_o > 1050$.
 - Para postes de media tensión: Sometidos a una solicitación del 40% de la carga última a flexión, la flecha máxima debe ser inferior al 6% de la longitud total del poste para postes $R_o \leq 900\text{daN}$, y del 3% para postes de $R_o > 900\text{daN}$.
 - Para postes de alta tensión: Sometidos a una solicitación del 40% de la carga última a flexión, la flecha máxima debe ser inferior al 3% de la longitud total del poste.
- *Respecto al límite de fase elástica (55% carga última a flexión):* Una vez descargados no se deben observar desprendimientos de los agregados gruesos del hormigón en las zonas comprimidas, ni fisuras no cerradas mayores a 0,05mm.
- *Respecto a la carga de rotura:* debe ser al menos superior al 95% de la carga última de flexión especificada.

6.5. PROTOCOLO DE ENSAYO.

El protocolo de ensayo es el documento utilizado para asentar los resultados del ensayo a flexión del poste, en el mismo se asientan por cada tiro realizado:

- La flecha,
- La flecha residual,
- El estado de fisuración.

La imagen 6.4, muestra un ejemplo de este documento firmado por un representante de Hormicoop y de la inspección.

6.6. ACTA DE LIBERACIÓN.

El acta de liberación es el documento empleado para dejar constancia de los productos liberados en una inspección, y de los ensayos realizados que determinan esa liberación de obra. Para ello se firman tres ejemplares idénticos, el primero para la inspección que realizó la liberación, el segundo para el cliente de la obra para los casos en que el cliente no es quien realiza la inspección, y el tercero una constancia para Hormicoop de que la obra está en condiciones de ser remitida y enviada al cliente.

En la imagen 6.5 se muestra un ejemplo de un acta de liberación.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Revisión: 0	Registro de proceso		
Hormicoop		Fecha: 30-11-16	RP14-06		
Postes: Po 23,00		Ro 4350			
Carga % de rotura	Kg.	Flecha (mm)	Flecha Res. (mm)	Parámetro IRAM 1605	Observaciones
0	-	-	-	Las fisuras máximas admisibles deben ser s a 0,1mm.	No hay fisuras.
20%	870	110	-	Las fisuras máximas admisibles deben ser s a 0,05mm. Se mide la flecha.	No hay fisuras.
0	-	-	3	No debe haber fisuras no cerradas, exceptuando las preexistentes que no deben aumentar su tamaño. Se mide la deformación permanente, ésta no debe superar el 5% de la flecha alcanzada.	
30%	1305	170	-	Las fisuras máximas admisibles deben ser s a 0,1mm. Se mide la flecha.	No hay fisuras.
0	-	-	5	No debe haber fisuras no cerradas, exceptuando las preexistentes que no deben aumentar su tamaño. Se mide la deformación permanente, ésta no debe superar el 5% de la flecha alcanzada.	
40%	1740	235	-	La flecha máxima alcanzada según la carga del poste, debe ser s a lo establecido en tabla 6	Aparecen fisuras capilares.
0	-	-	7	No debe haber fisuras no cerradas, exceptuando las preexistentes que no deben aumentar su tamaño. Se mide la deformación permanente, ésta no debe superar el 5% de la flecha alcanzada.	Cierran fisuras.
55%	2393	445	-	Se mide la flecha.	Aumenta cantidad de fisuras capilares.
0	-	-	18	Las fisuras no cerradas admisibles, con excepción de las preexistentes, deben ser s que 0,05 mm. Se mide la deformación permanente, ésta no debe superar el 5% de la flecha alcanzada.	Cierran fisuras.

Tipo de Ensayo: Límite de fase elástica

Observaciones: Ensayo positivo

Lugar: Luque a los 29 días del mes de: diciembre del 2016

Lucas Ferreyra
Ingeniero de Producto y Calidad
Hormicoop
Laboratorio de Ensayos y Materiales S.A.

MATÍAS GONZALO BERGESIO
Inspector de Obras
División Inspección Transmisión
EPEC

Imagen 6.4. Protocolo de ensayo de postes.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Revisión: 00	Registro de Proceso	RP14-14	
Hormicoop		Fecha: 30-11-16			
Of: 2739	Presupuesto: 8833		Hoja 1/2		
Cliente: Item Construcciones S.A.					
En la localidad de Luque a los 23 días del mes de Julio del 2020 , se reúnen los señores, Lucas Ferreyra en representación de HORMICOOOP y el señor Ing. Sebastian Grenon en representación de la empresa EPEC					
a los efectos de realizar las pruebas y verificaciones correspondientes a la obra 19-032 ET Guilaéu campo de salida a ET Monte Cristo - C.C.: O 190 - Nota de Pedido N° 0001-0000349					
Detalle de Materiales					
ITEM	CANT.	Po	Ro	DESCRIPCIÓN	H"A"
1	4	19,50	2400	H"A" Pretensado	
1	1			Apoyo PPo Unilateral Rx	H"A" Vibrado
1	1			Apoyo PPo Bilateral Rx	H"A" Vibrado
1	1			Viga T 10 mts. Rx	H"A" Vibrado
1	2			VD Cima Rx	H"A" Vibrado
1	2			VD N° 7 Rx	H"A" Vibrado
1	2			VD N° 8 Rx	H"A" Vibrado
1	2			VD N° 9 Rx	H"A" Vibrado

FOR HORMICOOOP
Lucas Ferreyra
Ingeniero de Producto y Calidad
Hormicoop
Laboratorio de Ensayos y Materiales S.A.

INSPECTOR
Ing. Sebastian Grenon
Ing. SEBASTIAN E. GRENON
Jefe Div. Inspección Obras Civiles EPEC

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Revisión: 00	Registro de Proceso	RP14-13
Hormicoop		Fecha: 30-11-16		
Acta de ensayo		Hoja 2/2		
Se realizaron los siguientes controles de acuerdo a Normas: IRAM 1605 - ET4				
A) Visual:	Satisfactorio			
B) Dimensional:	Satisfactorio			
C) Ensayo a:	Límite de fase elástica			
E) Medición de P. a T. de:				
con resultado de este ensayo: Satisfactorio				
F) Características de identificación de accesorios: PLACA IDENTIFICATORIA DE ACUERDO A NORMA IRAM N° 1720 Y ELEMENTOS DE TRAZABILIDAD DE LA FABRICACIÓN.				
Observaciones: Se realiza inspección y ensayo de poste 19,50 Ro.2400, el cual quedó pendiente en la inspección del jueves 16/07, debido a rotura de puente grua. Se libera el ítem 1 completo.				
En razón de que el material descrito en la presente Acta se entrega terminado, no habiendo esta inspección seguido el proceso de fabricación, queda bajo responsabilidad del fabricante el material utilizado en armaduras y posición de las mismas, como así también todo otro elemento que lo integre.				
Estando ambas partes de acuerdo, se firman original y copia de un mismo tenor y a un solo efecto en lugar y fecha arriba indicado.				

FOR HORMICOOOP
Lucas Ferreyra
Ingeniero de Producto y Calidad
Hormicoop
Laboratorio de Ensayos y Materiales S.A.

INSPECTOR
Ing. Sebastian Grenon
Ing. SEBASTIAN E. GRENON
Jefe Div. Inspección Obras Civiles EPEC

Imagen 6.5. Acto de ensayo

CAPITULO 7: CONCLUSIONES.

a. Respecto al programa de calidad:

Hormicoop disponía, al momento de ejecutar esta PS un programa de calidad en funcionamiento aunque en etapa de desarrollo, la premisa de este trabajo fue la de organizar ensayos y controles, y ajustarlos a normas y reglamentaciones vigentes.

Se desarrolló un programa de calidad que, si bien no es estricto, entendiendo como estricto, el sentido de controlar una cantidad de productos aun mayor, se pretendió darle una magnitud de acuerdo a las posibilidades de Hormicoop, buscando representatividad y abarcando todas las etapas del proceso productivo, que, como se vio abarca desde las materias primas hasta el control del producto terminado.

Para cada control se establecieron procedimientos, periodicidad de ejecución y registros de proceso para asentar la información recolectada, tarea que se coordinó con el sistema de gestión existente en Hormicoop, se pretendió con esto, por un lado, uniformizar criterios independientemente de la o las persona que realicen los controles. Por otro lado, se procura generar una base de datos que permita mostrar trazabilidad de los controles de calidad y parámetros para la toma de futuras decisiones.

De este modo podemos concluir que un control de calidad eficiente, es aquel que garantiza la calidad de las materias primas y hormigones mediante parámetros definidos y ajustados a reglamento, sumado a una adecuada capacitación del personal que interviniente en cada etapa del proceso, esto es desde la elaboración del hormigón hasta el acabado superficial. Es importante para esto, entender a la calidad no es una actividad que se realiza para garantizar los estándares de los productos, sino como un proceso continuo que requiere de retroalimentación de información, capacitación y constancia.

b. Respecto a la ejecución de la PS:

La ejecución de esta PS, realizada en relación de dependencia, permitió enriquecer al autor de información para volcar al sistema de gestión de calidad de Hormicoop, cumpliendo uno de los propósitos de la ejecución de práctica supervisada en la carrera de ingeniería civil.

Esta PS permitió también, recolectar información para dar un marco reglamentario al control de calidad incluyendo cuestiones, que, por la cotidianidad diaria, no se tenían en cuenta o se lo hacía sin un sustento firme y que si bien no son fundamentales, le permiten a Hormicoop demostrar que la calidad es un pilar fundamental de la empresa, considerando, además, que no son pocos los clientes que por encima de costos optan por aquellas empresas que demuestran compromiso de calidad en sus productos.

Para cerrar este informe, el autor indago en internet sobre frases que reflejen el sentido del control de calidad, que Hormicoop como fábrica pretende reflejar en sus productos y como garantía a sus clientes, para ello, citamos una frase de Jack Welch, empresario de General Electric que reza, *“La calidad es nuestra mejor garantía de la fidelidad de los clientes, nuestra más fuerte defensa contra la competencia y el único camino para el crecimiento”* que, como futuro profesional de ingeniería, y conociendo los principios de Hormicoop el autor adhiere y se compromete a desarrollarla como profesional formado en la prestigiosa facultad de ingeniería de la UNC.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- Balzamo, Bascoy, Bonavetti, Cabrera, Carrasco y otros. (2016). *Ese material llamado hormigón*. Asociación Argentina de Tecnología del hormigón.
- CIRSOC 201-2005. *Reglamento argentino de estructuras de hormigón*. (2005). INTI
- Larsson, Carlos A. *Hormigón armado y pretensado*. (2009). Editorial Universitas.
- Notas de catedra. *Tecnología de los materiales de la construcción*. (2011). Departamento de estructuras. FCEyN.

NORMAS/ ESPECIFICACIONES DE REFERENCIA:

- IRAM 1534:2004: Preparación y curado de probetas en laboratorio para ensayos en compresión y de tracción por compresión diametral.
- IRAM 1541:1991: Hormigón de cemento portland. Hormigón fresco. Muestreo.
- IRAM 1585:2008: Bloques de puesta a tierra para elementos de hormigón armado y hormigón pretensado para soporte de líneas aéreas.
- IRAM 1601:2012: Agua para morteros y hormigones de cemento.
- IRAM 1605:2009: Postes de hormigón pretensado, de sección anular y de forma troncocónica, para soportes de instalaciones aéreas.
- IRAM 1627:1997: Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones.
- IRAM 1720:2011: Ménsulas y crucetas de hormigón armado para líneas de baja y media tensión.
- IRAM 1723:2013: Vínculos para postes dobles de hormigón armado, para líneas aéreas de media y alta tensión. Características generales y métodos de ensayo.
- IRAM 1728:1994: Estructuras de hormigón armado para subestaciones aéreas.
- Especificación Técnica N°4. Postes y crucetas de hormigón armado. EPEC.
- Especificación Técnica N°1003. Líneas aéreas de alta tensión. EPEC.

ANEXO I:

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pavimentos • Losas para estacionamientos

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras (continuación)

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
C L	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros • Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Piletas de natación sin revestir. • Fundaciones en contacto con aguas subterráneas • Cisternas en plantas potabilizadoras • Elementos de puentes
M 1	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	• A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales.	• Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).
M 2		Al aire	Corrosión por cloruros	• A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales	• Construcciones próximas a la costa.
M 3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	• Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.	• Estructuras de defensas costeras
		Sumergidos	Corrosión por cloruros	• En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar	• Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar
<p>(*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, esta zona está entre 1 km y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.</p>					

Tabla 2.2. Clases específicas de exposición que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
C 1	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen.
C 2		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C	<ul style="list-style-type: none"> • Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. • Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes. • Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4). • Exposición al agua de mar 	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	