INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE FABRICACIÓN, CONFORME ALA NORMA NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 EN CONCRETOS LAR"

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

BRENDA LIZZETH MOLAR CRUZ

DIRECTOR DE TESIS

FERNANDO REYES JUAREZ

Xoyotitla, Álamo Temapache, Ver. Mayo 2026

DEDICATORIA

A mi madre: con todo mi amor, respeto y eterna gratitud. Gracias por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en los momentos más difíciles. Por cada sacrificio que hiciste, por cada palabra de aliento y por nunca soltar mi mano aun cuando el camino se volvía complicado. Este logro no es solo mío, si no también tuyo, porque en cada paso que doy siempre vas conmigo. Todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a tu amor incondicional.

A mis hermanos: por ser parte fundamental de mi vida, por su apoyo, sus palabras y por estar siempre a mi lado en cada momento importante. Gracias por impulsarme a seguir adelante y por recordarme que nunca estoy sola que los tengo a ustedes y que son lo más importante y apreciado que tengo.

Y por supuesto este logro me lo dedico a mí misma a esta anfitriona por mi valentía, por no rendirme cuando todo parecía difícil, por seguir adelante con miedo, pero con determinación. Este logro es el reflejo de mi esfuerzo, mi constancia y mi deseo de superarme. Hoy celebro todo lo que soy y todo lo que fui capaz de lograr en este último escalón para alcanzar el éxito.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento, con todo mi amor, cariño y gratitud, a mis padres, y en especial a la mujer de mi vida, a esa compañera de grandes lecciones de aprendizaje constante, a mi mejor amiga, que es mi madre, quien ha sido mi sustento más firme y fundamental en mi vida. Gracias a su esfuerzo incansable, a su lucha del día a día, a su amor incondicional y a los valores que me ha inculcado, he podido crecer con seguridad, fortaleza y determinación en cada etapa de mi camino. Hoy, al concluir esta etapa tan significativa, reconozco que gran parte de este logro se lo debo a ella y a la inspiración que siempre me brinda, por nunca dejarme caer, por acompañarme en los desvelos y en los momentos de desesperación, así como en los instantes más significativos de esta trayectoria. Mami, este logro es por ti y para ti.

A mi padre, quien me ha apoyado desde el inicio de esta carrera profesional con la fe y confianza que siempre me ha brindado. Debo mencionarte que has hecho un gran trabajo al enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y el verdadero significado de la perseverancia. Te agradezco infinitamente por ser participe y caminar a mi lado en cada etapa de esta aventura.

Agradezco a mis hermanos Jesús Adrián y Luis Fernando que han estado a mi lado compartiendo alegrías y fracasos para salir triunfadores como el que está por concluir. Gracias por apoyarme siempre, por la paciencia, por confiar en mí en cada una de mis etapas, pero sobretodo por permitirme estar en sus vidas. Los amo con todo mi corazón, siempre están presentes en mi vida y deseo estén presentes a lo que estoy por enfrentarme ahora.

A mi abuelita, quien, aunque ya no está físicamente conmigo, quiero dedicarle este logro. Cada paso que he dado en este camino lo llevo en mi corazón por ella; su amor, enseñanzas y recuerdos han sido una guía constante que me inspira a seguir adelante. Este triunfo es, sin duda, por y para ella.

Extiendo mi más profundo agradecimiento a mis profesores, especialmente a la maestra Alma Aracely Pinete, a la maestra Eli Monserrat, a la maestra Alicia Álvarez y al maestro Abelardo

Juncal, gracias por su paciencia infinita, por su entrega y por la vocación con la que siempre me guiaron. Ustedes no solo me compartieron conocimientos, también me regalaron enseñanzas de vida que facturaré siempre en el corazón. Gracias por creer en mí, por impulsarme a dar lo mejor de mí misma y por sembrar en mí la pasión por aprender. Cada mensaje de aliento, consejo, recomendación y lección han dejado una huella imborrable en mi vida, y por ello les estaré eternamente agradecida.

A mi asesor, el maestro MII. Fernando Reyes Juárez, por su guía, dedicación y perseverancia a lo largo de este proceso. Gracias por compartir su práctica y conocimientos, por orientarme con firmeza y a la vez con comprensión, y por motivarme a dar lo mejor de mí en el día a día. Su apoyo ha sido fundamental para la culminación de este proyecto, y le expreso mi más sincero agradecimiento, pues más que un gran docente, también ha sido un amigo y un ejemplo de lo que significa ser un gran ingeniero.

Y por supuesto a los ingenieros José Marcelo Montero y Román Camacho Antonio**,** quiero agradecerles profundamente su apoyo constante en este proyecto. Su cabida para guiar mis ideas, su confianza en mi trabajo y sus valiosas recomendaciones han sido una aportación invaluable, no solo para la realización de esta investigación, sino también para mi crecimiento personal y profesional.

De igual modo, a los laboratoristas Miguel, Mario y Daniel, quienes desde el primer día me brindaron su apoyo incondicional, compartieron conmigo sus conocimientos y me ofrecieron siempre su confianza. Gracias por las motivaciones constantes, por sus consejos y por acompañarme con su guía en este camino.

Agradezco a Gael, quien ha estado conmigo a lo largo de todo este trayecto, quiero agradecerle de corazón por su motivación constante y su apoyo incondicional en esta etapa que está por culminar. Su compañía, ánimo y confianza han sido un sostén invaluable que me ha permitido seguir adelante y enfrentar cada desafío con fortaleza y entusiasmo.

Y, finalmente, quiero agradecer a Dios, por ser mi luz en este camino, por bendecirme con salud, fortaleza y la oportunidad de alcanzar este logro. Gracias por su inmenso amor

incondicional, por acompañarme incluso en los momentos en que sentía que no podía más, y el cansancio me consumía y quería rendirme; fue su presencia la que me sostuvo y me recordó que las cosas no llegan solas, que debemos seguir, aunque el camino se ponga difícil y halla muchas fallas u obstáculos que parezcan invencibles. Le agradezco por hacerme coincidir con personas maravillosas que me brindaron su apoyo, su cariño y por su puesto su bonita amistad. Este logro no sería posible sin su guía, luz, su amor infinito, y su bendita protección.

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño, implementación y actualización de un sistema de control de calidad para las materias primas y los procesos de fabricación del concreto hidráulico, alineado con los lineamientos establecidos por la normativa mexicana. A través de la aplicación de procedimientos de inspección, verificación y auditorías internas, se evaluaron las distintas etapas del ciclo de producción, incluyendo la recepción de materiales, dosificación, mezclado, control del concreto fresco y trazabilidad documental.

Los resultados obtenidos permitieron identificar desviaciones operativas relacionadas principalmente con el control de la velocidad del camión revolvedor, el revenimiento y la temperatura del concreto, lo que dio origen a la implementación de acciones correctivas y de mejora. Derivado de la aplicación del sistema de control de calidad actualizado, se alcanzó una eficacia global del 91 %, validando el cumplimiento de los criterios normativos y fortaleciendo la calidad del concreto hidráulico. Este trabajo demuestra que la correcta gestión de la calidad es un elemento fundamental para garantizar la seguridad, desempeño y durabilidad de las estructuras.

Palabras clave: Control de calidad, concreto hidráulico, materias primas, procesos de producción, auditorías internas, mejoras continuas, normativa mexicana, trazabilidad, revenimiento, temperatura del concreto.

SUMMARY

This project focused on the design, implementation, and enhancement of a quality control system for raw materials and manufacturing processes involved in hydraulic concrete production, in accordance with Mexican regulatory standards. Inspection procedures, verification methods, and internal audits were applied to assess each stage of the production cycle, including material reception, batching, mixing, fresh concrete control, and document traceability.

The findings allowed the identification of operational deviations, mainly associated with mixer truck speed control, slump consistency, and concrete temperature. These issues led to the development and application of corrective and improvement actions. As a result of the updated quality control system, an overall effectiveness rate of 91% was achieved, confirming compliance with regulatory requirements and improving the quality of hydraulic concrete.

This study highlights the importance of effective quality management as a key factor in ensuring the safety, performance, and durability of concrete structures.

Keywords: Quality control, hydraulic concrete, raw materials, production processes, internal audits, continuous improvement, mexican standards, traceability, slump, concrete temperatura.

ÍNDICE TEMÁTICO

DEDICATORIA.....i
AGRADECIMIENTOS.....ii
RESUMEN.....v
SUMMARY.....vi
ÍNDICE TEMÁTICO.....vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....x
ÍNDICE DE TABLAS.....xi
ÍNDICE DE GRAFICAS.....xii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....1
1.1 Antecedentes.....4
1.2 Planteamiento del problema.....7
1.3 Justificación.....8
1.4 Hipótesis.....9
1.5 Objetivos.....10
1.5.1 Objetivo General.....10
1.5.2 Objetivos Específicos.....10
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....11
2.1 Conceptos básicos.....11
2.1.1 Definición de control de calidad.....11
2.1.2 Control de Calidad dentro de la Industria de la Construcción.....11
2.1.3 Importancia del control de calidad en el concreto.....11
2.1.4 Concreto hidráulico.....12
2.2 Pruebas de control de calidad para el concreto hidráulico.....12
2.2.1 Revenimiento.....13
2.2.2.1 Ley del cono de Abrams.....15
2.2.2.2.1 Procedimiento de ensayo del cono de Abrams.....15
2.2.2 Temperatura.....17
2.2.3 Contenido de aire.....19
2.2.4 Masa unitaria.....20
2.2.5 Resistencia a la comprensión.....21

2.2.2.5. Requisitos del concreto en estado endurecido en resistencia a la compresión.....23
2.2.5 Durabilidad.....24
2.2.6 Tiempo de fraguado.....30
2.2.7 Contenido de humedad.....31
.....31
2.3 Caracterización de materias primas y/o materiales pétreos.....31
2.3.1 Cemento.....31
2.3.3.1 Tipos de cemento.....32
2.3.2 Grava.....33
2.3.2.1 Granulometría.....34
2.3.3 Arena.....35
2.3.4 Agua.....36
2.3.5 Aditivos.....36
2.4 Normas técnicas aplicables al concreto hidráulico.....39
2.4.1 NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 (Industria de la construcción, concreto hidráulico).....39
2.4.2 Parámetros de calidad establecidos.....39
2.4.3 Estándares de aceptación y rechazo.....40
2.4.4 Otras normativas relacionadas.....41
2.5 Herramientas de control y mejora continua.....44
2.5.1 Ciclo PHVA.....44
2.5.1.1 Etapas del ciclo de Deming.....44
Planear (Plan).....44
Hacer (Do).....45
Verificar (Check).....45
Actuar (Act).....45
2.5.2 Check list.....46
2.5.2.1 Beneficios del uso del Check List.....46
2.5.2.2 Ventajas del uso del Check List.....47
2.5.2.3 Desventajas del uso del Check List.....47
2.5.2.4 Pasos para usar de manera efectiva los Check List.....48
2.5.3 Cronograma de actividades.....49

2.5.3.1 Ventajas del uso del cronograma de actividades 49
2.5.3.2 Desventajas del uso del cronograma de actividades 49
2.5.3.3 Pasos para usar de manera efectiva para el cronograma de actividades .. 49
2.5.4 Auditorías 50
2.5.4.1 Ventajas del uso de las auditorías 50
2.5.4.2 Desventajas del uso de las auditorías 50
2.5.4.3 Procedimiento para la ejecución de auditorías 51
2.6 Indicadores de capacidad del proceso 52
2.6.1 Indicador CPK (Process Capability Index) 52
2.6.2 Fórmula 53
2.6.3 Importancia del indicador CPK (Process Capability Index) 54
CAPITULO 3. ESTADO DEL ARTE 55
CAPITULO 4. METODOLOGÍA 59
3.1 Metodología 59
3.2 Herramientas a utilizar 59
3.2.1 Planear 60
3.2.2 Hacer 71
3.2.3 Verificar 72
3.2.4 Actuar 73
CAPITULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIONES DE RESULTADOS 100
4.1 Lista de verificación (Checklist) 100
4.2 Organizar y dar seguimiento a la implementación del sistema integral de control de calidad conforme a la NMX-C-155-ONNCCE-CCE en el proceso de la fabricación del concreto hidráulico. 104
CONCLUSIONES 126
COMPETENCIAS DESARROLLADAS 127
ANEXOS 128
FUENTES DE INFORMACIÓN 136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama General de Consorcio Santa Clara 5
Figura 2. Organigrama del área de Concretos LAR 6
Figura 3. Ubicación geográfica de Concretos LAR S.A de C.V 6
Figura 4. Concreto hidráulico 12
Figura 5. Prueba de revenimiento de laboratorio.....13
Figura 6. Especificaciones del revenimiento 14
Figura 7. Tolerancias de revenimiento nominales 14
Figura 8. Cono de Abrams.....15
Figura 9. Revenimiento 16
Figura 10. Prueba.....17
Figura 11. Medición de la prueba de revenimiento 17
Figura 12. Temperatura del concreto en estado fresco 18
Figura 13. Masa unitaria 21
Figura 14. Ensaye de resistencia a la compresión 23
Figura 15. Requisitos de durabilidad según la clase de exposición a acciones de deterioro del concreto hidráulico.....29
Figura 16. Tiempo de fraguado 30
Figura 17. Tiempo de inicio y fin de fraguado para mezclas de concreto en diferentes temperaturas.....30
Figura 18. Humedad Arena de Rio 31
Figura 19. Humedad de Grava.....31
Figura 20. Humedad de Arena.....31
Figura 21. Cemento 32
Figura 22. Especificaciones de materiales finos que pasan por malla de 0,075 mm.....35
Figura 23. Ciclo PHVA 45
Figura 24. Despliegue del ciclo PHVA 46
Figura 25. Metodología del proyecto.....59
Figura 26. Cronograma de actividades propuestas 71
Figura 27. Colocación de estantes en Recepción de materias primas 104
Figura 28. Almacén de aditivos por ficha técnica 105
Figura 29. Capacitación al personal de laboratorio 105
Figura 30. Capacitación de operadores en proceso productivo 106
Figura 31. Capacitación bajo procedimientos estandarizados 106
Figura 32. Actualización de procedimientos 107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperatura del concreto fresco durante su colocación en clima frío 18
Tabla 2. Cantidad de aire recomendado según el grado de exposición al congelamiento y deshielo 20
Tabla 3. Resistencia a comprensión promedio, f"CR, para el diseño de mezclas de concreto hidráulico 22
Tabla 4. Clasificación de exposición a acciones de deterioro del concreto hidráulico.....27
Tabla 5. Control de producción del concreto con requisitos de durabilidad y método de ensayo 28
Tabla 6. Requisitos de durabilidad del concreto hidráulico.....29
Tabla 7. Clases de las resistencias del cemento.....32
Tabla 8. Características especiales del cemento 33
Tabla 9. Especificaciones de granulometría de la grava.....33
Tabla 10. Especificaciones perjudiciales en grava 34
Tabla 11. Especificaciones de granulometría para agregado fino 35
Tabla 12. Especificaciones de sustancias perjudiciales en el agua.....36
Tabla 13. Clasificación de aditivos.....39
Tabla 14. Límites químicos opcionales para el agua de lavado de materiales 40
Tabla 15. Valor nominal de las pruebas de revenimiento y tolerancias de calidad.....40
Tabla 16. Temperatura del concreto fresco durante su colocación en climas fríos 40
Tabla 17. Criterios de aceptación.....41
Tabla 18. Estándar de aceptación y % de error de cargas.....41
Tabla 19. Normas Mexicanas (NMX) aplicables en el concreto hidráulico y pruebas de calidad.....44
Tabla 20. Checklist para la evaluación del cumplimiento de la NMX-C-155 para el sistema de control de calidad.....60
Tabla 21. Datos estadísticos.....72
Tabla 22. Capacidad mínima del recipiente recomendadas.....76
Tabla 23. Masa de la muestra del agregado normal.....80
Tabla 24. Tolerancias permisibles de revenimiento 86

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Recepción y control de materias primas 101
Gráfica 2. Dosificación y diseño de mezcla 101
Gráfica 3. Mezclado 102
Gráfica 4. Control de calidad en planta 102
Gráfica 5. Documentación y trazabilidad 103
Gráfica 6. Medidas correctivas y mejora continua 103
Gráfica 7. Cumplimiento general del cronograma de implementación del sistema integral de control de calidad 108
Gráfica 8. Carta NP 108
Gráfica 9. Indicador Cpk 110
Gráfica 10. Recepción de materias primas 121
Gráfica 11. Área de dosificación 122
Gráfica 12. Área de mezclado 122
Gráfica 13. Área del concreto fresco 123
Gráfica 14. Área de concreto ya finalizado endurecido 123
Gráfica 15. Área de trazabilidad documental 124
Gráfica 16. Acciones correctivas 124

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de un sistema de control de calidad estructurado acorde a la Norma NMX-C-155-ONNCE-CCE-2014 “para la producción de concreto hidráulico constituye un proceso esencial para garantizar tanto la calidad como la perdurabilidad de las estructuras que se construyen con este material”. Esta norma instaura de manera detallada los criterios, lineamientos, parámetros y los procedimientos que deben aplicarse durante la inspección y las pruebas del concreto hidráulico, con el propósito de asegurarse que el producto cumpla con las descripciones técnicas y los requerimientos normativos en términos de consistencia, resistencia y durabilidad, que los vuelve factores indispensables para la seguridad y confiabilidad dentro de las obras civiles.

En el Capítulo 1, se exponen las generalidades del proyecto de investigación, las cuales comprenden el bosquejo del problema, la justificación, hipótesis, y así mismo los objetivos propuestos. Estos objetivos se establecen con el designio de responder el cumplimiento apropiado de un sistema de control de calidad, tanto de materia prima como en los procesos de fabricación, en estricto apego a la normativa vigente.

Por su parte, en el Capítulo 2, se despliega el marco teórico que va concerniente con el diseño e implementación del sistema de control de calidad de materias primas y procesos de fabricación, acorde ala NORMA NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, así como las herramientas metedológicas que permitirán identicar la causa raiz del problema principal. De igual modo, se incluyen los elementos legales que respalda la Norma que forman la base para el cumplimiento de los requerimientos en la fabricación del concreo hidráulico.

En el capítulo 3 se describe la metodología empleada para el desarrollo de los objetivos del proyecto**.** Como primera etapa, se realizó un análisis de la situación actual del área de control de calidad, para lo cual se utilizó un checklist**,** ya que esta herramienta permitió identificar de manera sistemática las principales problemáticas presentes en el área. Posteriormente, como segunda etapa, se identificaron y analizaron los problemas detectados a través del

checklist, apoyándose en la elaboración de un cronograma de actividades, en el cual se describen detalladamente las acciones a realizar para atender cada una de las problemáticas encontradas. Asimismo, se llevó a cabo la redacción de procedimientos estandarizados**,** alineados por la Norma correspondiente, con el objetivo de fortalecer y formalizar las actividades del área de control de calidad.

De igual manera, se realizó la medición del indicador Cpk, con la finalidad de evaluar el nivel de cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la Norma en relación con la calidad del producto. Finalmente, se efectuó una auditoría interna, la cual permitió inspeccionar las áreas de trabajo y verificar el desempeño del personal de la empresa, asegurando el cumplimiento de los procedimientos y criterios de calidad definidos.

En el capítulo 4 se presentan los resultados del Diseño e implementación de un sistema de control de calidad de materias primas y procesos de fabricación, el cual fue actualizado tras la detección de diversas desviaciones durante el proceso productivo, mismas que dieron origen a la aplicación de acciones correctivas necesarias para asegurar la calidad del concreto hidráulico.

Posteriormente, se aplicó el sistema de control de calidad y se llevó a cabo una auditoría con el propósito de identificar los cambios y mejoras logrados durante el desarrollo de las actividades del concreto hidráulico en sus diferentes fases. En dicha auditoría se evaluaron siete aspectos clave del ciclo de producción, cuyos resultados fueron representados mediante gráficas de barras, permitiendo identificar el nivel de eficiencia alcanzado tras la implementación del sistema.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la recepción de materias primas presentó un 100 % de eficiencia; la dosificación alcanzó igualmente un 100 % de eficiencia; el área de mezclado obtuvo un 90 % de eficiencia, mientras que el 10 % restante corresponde a actividades que no cumplen completamente con los lineamientos establecidos; el concreto fresco registró un 70 % de eficiencia, y el 30 % restante corresponde a desviaciones significativas que requieren la implementación de acciones correctivas y de mejora;

finalmente, la trazabilidad documental y las acciones correctivas fueron validadas con un 100 % de eficiencia.

.

1.1 Antecedentes

El Consorcio Santa Clara "es una empresa mexicana hacendosa a la fabricación y mercantilización de materiales pétreos, concreto y construcción, integrada por Triturados Santa Clara, Delars Construcciones y Concretos LAR". Su orientación abarca toda la cadena de valor, desde la fabricación de materiales hasta la ejecución y logística de proyectos, ofreciendo soluciones integrales que avalan calidad, eficiencia y compromiso.

En el Consorcio Santa Clara brinda una gran diversidad de productos y servicios como la "construcción en obra civil como terracerías, pavimentación, edificación, obras complementarias, producción y venta de materiales pétreos, concretos asfalticos, venta y suministro de concretos hidráulicos y el servicio de transporte de carga de materiales y equipos asociados al sector de la construcción". El consorcio Santa Clara con base a sus objetivos determinados, busca perfeccionar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad, procediendo con profesionalismo, y sobre todo cumpliendo con las leyes aplicables y fomentando un ambiente de trabajo seguro.

- **Organigrama de la empresa**

Durante la residencia profesional en la empresa Concretos LAR, dentro del área de Control de Calidad, se llevaron a cabo diversas actividades, entre las que destacan la:

- Planeación para la fabricación del producto.
- Proporción de los materiales
- Revisión de la materia prima con los certificados de calidad
- Verificación dosificación en carga del producto y análisis de muestreo
- Pruebas de laboratorio en liberación del producto
- Verificación del tiempo de transporte
- Supervisión en la entrega del producto con la liberación de aceptación de control de calidad
- Ensaye de concreto a compresión para medir la resistencia del proyecto
- Informes de calidad

A continuación, se muestra el organigrama que muestra los distintos puestos del personal que integra al Consorcio Santa Clara.

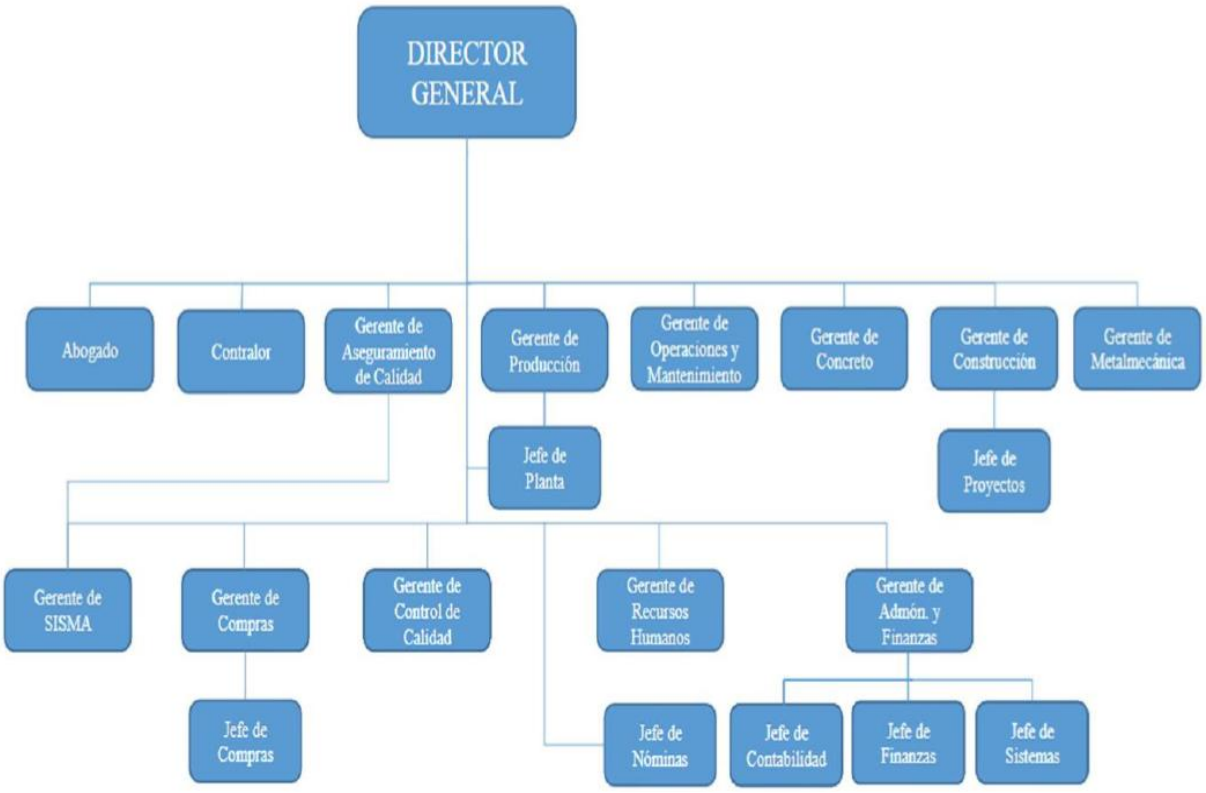


Figura 1. Organigrama General de Consorcio Santa Clara

Fuente: (Recursos humanos,2025)

- **Organigrama del área de concretos LAR**

En la Figura 2 se valora que el trabajo se desplegó principalmente bajo la supervisión del dosificador, seguida por la del laboratorista, y de un operador de obra.

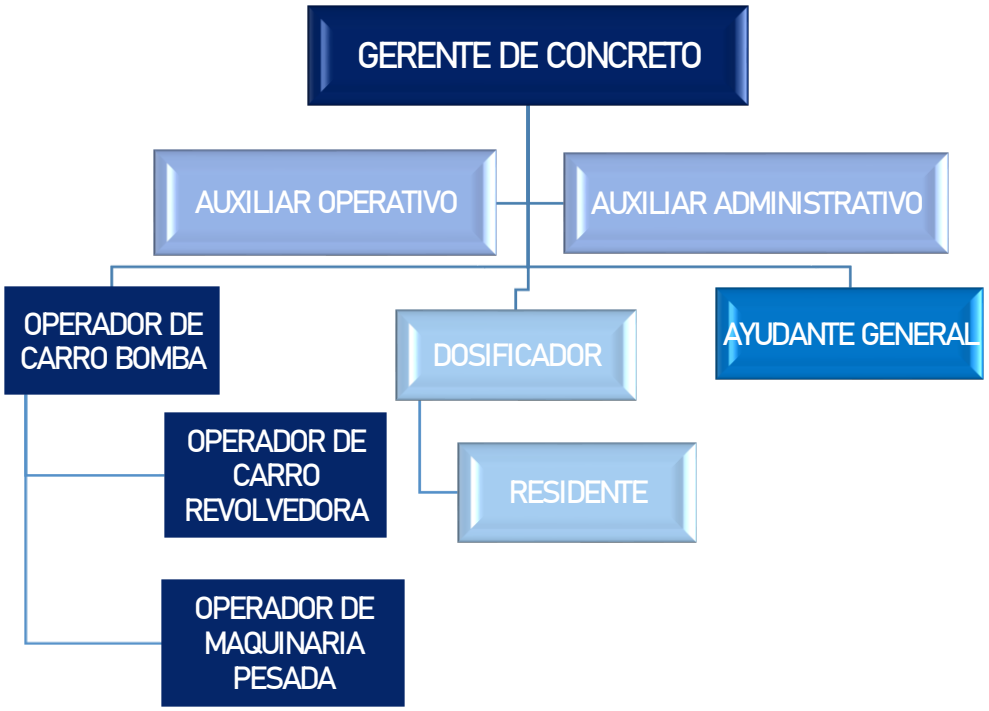


Figura 2. Organigrama del área de Concretos LAR

Fuente: (Recursos humanos,2025)

1.2.3 Ubicación

Concretos LAR S.A. de C.V., ubicada en Carretera. a Cobos S/N, 92770, La Victoria, Tuxpan, Veracruz, se dedica a la producción y suministro de concreto hidráulico.

Figura 3. Ubicación geográfica de Concretos LAR S.A de C.V

Fuente: (Google Maps ,2025)

1.2 Planteamiento del problema

En la empresa Concretos LAR S.A. de C.V.**,** se identificó que el problema radica principalmente en la ausencia de un sistema de control de calidad estructurado según la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014**,** lo que genera riesgos como especificaciones incorrectas, sobrecarga de materiales, falta de controles en el mezclado, ausencia de calibración de equipos y uso de agregados de baja calidad. Estas deficiencias afectan la satisfacción del cliente, aumentan costos por reprocesos y desperdicios, y limitan la competitividad y reputación de la empresa. Los indicadores actuales reflejan una situación crítica en el desempeño de la empresa: se registran demoras en los tiempos de entrega del 10%, un nivel de calidad del producto del 88%, así como un 2% de incidencias relacionadas con retardos en el fraguado. Adicionalmente, se presenta un margen de error del 10% en demoliciones y reposiciones, lo que evidencia la escasez urgente de efectuar un sistema integral de control de calidad eficiente y alineado con la normativa vigente.

¿De qué manera contribuiría la implementación de un sistema integral de control de calidad estructurado conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 utilizando la metodología de Deming (Ciclo Deming)?

1.3 Justificación

La implementación de un sistema integral de control de calidad en la producción de concreto premezclado en Consorcio Santa Clara, Concretos LAR resulta fundamental para garantizar la uniformidad de mezclado, resistencia de proyecto y durabilidad durante su uso de vida útil, aspectos indispensables en la industria de la construcción. Actualmente, la empresa necesita de un sistema que este alineado a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, lo que amplía los riesgos de variabilidad en las propiedades del concreto, desperdicio de materias primas, reprocesos y disminución de la confianza de clientes y contratistas.

Adoptar un sistema integral de control de calidad garantizara optimizar los capitales productivos, reducir costos asociados a fallas operativas y asegurar el cumplimiento de los estándares normativos vigentes. Asimismo, contribuirá a mejorar la eficiencia operativa de la planta, elevar la complacencia del cliente y fortalecer la competencia frente a un mercado cada vez más exigente.

En este sentido, la investigación se justifica porque brinda una solución sólida y aplicable que impactará directamente en la mejora de la fabricación y entrega del concreto hidráulico, en la rentabilidad empresarial y en la consolidación de la reputación de Consorcio Santa Clara, *C*oncretos LAR dentro del sector de la construcción.

1.4 Hipótesis

El enfoque principal de estudio es valorar el grado de cumplimiento de la Norma NMX-C-155, establecida por la ONNCCE, la cual regula aspectos relacionados con el concreto hidráulico dosificado en masa, así como los requisitos técnicos y los procedimientos de prueba. A partir de ello, se formulan las siguientes hipótesis:

$\boldsymbol{H_{0=}}$ La implementación de un sistema integral de control de calidad conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 no mejora de manera significativa los indicadores actuales, manteniéndose en 10% de retrasos en tiempos de entrega, 88% en calidad del producto y 2% en el tiempo de fraguado, con 10% en rechazo o demoliciones.

$\boldsymbol{H_{1=}}$ La implementación de un sistema integral de control de calidad conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 mejora significativamente los indicadores, logrando reducir los retrasos en tiempos de entrega por debajo del 2%, incrementar la calidad del producto por encima del 98% y disminuir los errores en tiempo de fraguado a 0%**,** manteniendo el 10% de error en demoliciones y reposiciones.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema integral de control de calidad para las materias primas y el proceso de fabricación de concreto premezclado en la empresa Consorcio Santa Clara, Concretos LAR de Tuxpan Ver, con los lineamientos de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, con el designio de aseverar la conformidad del producto, optimizar el uso de recursos y fortalecer la eficiencia operativa de la planta.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de cumplimiento de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 dentro del proceso de fabricación de concreto hidráulico, mediante el diseño y la diligencia de un Check list que permita evaluar de manera cada etapa del proceso.
- Diseñar un cronograma de actividades, con el propósito de organizar y dar seguimiento a la implementación del sistema integral de control de calidad conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014.
- Analizar la capacidad del proceso de fabricación del concreto hidráulico mediante el cálculo del índice CPK, con el fin de evaluar la variabilidad del proceso y verificar que cumpla con los límites de especificación establecidos en la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014
- Dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, mediante el diseño y la implementación de procedimientos de trabajo estandarizados que garanticen la calidad en el proceso de fabricación del concreto hidráulico.
- Evaluar el plan de acción a través de auditorías internas, con el fin de verificar su efectividad y determinar el grado de cumplimiento de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 en el sistema integral de control de calidad.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos básicos

2.1.1 Definición de control de calidad

(Deming, 1940) define de manera objetiva y universal que la "Calidad es cumplir con los requerimientos o también el grado de satisfacción que ofrecen las características del producto o servicio, en relación con las exigencias del consumidor". Así mismo el autor (Deming, 1940) señala que Calidad Total es hacer las cosas bien desde el principio:

- "Es crear lo correcto (QUÉ)".
- "En la forma correcta (CÓMO)".
- "En la oportunidad correcta (CUÁNDO)".
- "A costos razonables (CÚANTO)".

2.1.2 Control de Calidad dentro de la Industria de la Construcción

La conceptualización del control de calidad en la construcción describe a un sistema de gestión que asevera que toda la materia prima, métodos y productos finales cumplan con los estándares, especificaciones y expectativas del cliente, buscando evitar defectos, y certificar u garantizar la seguridad y la durabilidad de las edificaciones de este mismo. De acuerdo (Deming, 1940) este proceso incluye la realización de inspecciones, pruebas y evaluaciones continuas en cada etapa de la obra, con el fin de detectar y corregir problemas a tiempo, lo que resulta en una construcción más eficiente, segura y de mayor satisfacción para el cliente.

2.1.3 Importancia del control de calidad en el concreto

Este renglón tiene su valor de preeminencia, ya que establece el medio para mantener al límite las necesidades y exigencias del diseño, el control de calidad es una de las partes más cruciales en la ejecución de un proyecto como obra final. (Erazo, 2021) expone que el control de calidad en el concreto premezclado resulta fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y rendimiento de las estructuras, ya que permite prevenir fallas, reducir costos de

mantenimiento y optimizar las operaciones en obra. Así mismo señala que contar con “Un control adecuado asegura que el concreto premezclado cumple con las especificaciones establecidas, soporta las cargas previstas y prolonga la vida útil de las edificaciones”.

2.1.4 Concreto hidráulico

De acuerdo con (Figueroa, 2017) se trata de un material conformado por cemento hidráulico y agua, combinado con una mezcla de agregados como arena y grava que actúan como materiales pétreos inertes. A esta composición pueden añadirse aditivos y adiciones especificas con el fin de optimizar y mejorar sus propiedades. (Figueroa, 2017) señala que, entre las principales características destacan la elevada resistencia a la compresión, la capacidad de absorber y distribuir los esfuerzos transmitidos al suelo, así como una notable resistencia a la flexión.

Figura 4. Concreto hidráulico

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2 Pruebas de control de calidad para el concreto hidráulico

(Alcocer, 2019) La realización de pruebas de control de calidad para el concreto hidráulico es un proceso fundamental que garantiza el cumplimiento de las propiedades y especificaciones establecidas en el diseño. Mediante diversas pruebas, tanto en “estado fresco como endurecido, se evalúan características como la consistencia, resistencia, durabilidad y homogeneidad del material”. Estas pruebas permiten detectar desviaciones en la mezcla,

optimizar los procedimientos constructivos y asegurar la confiabilidad estructural de las obras civiles.

2.2.1 Revenimiento

La norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 “establece los procedimientos para determinar el concreto hidráulico en estado fresco mediante el método de ensayo conocido como revenimiento”. (Monteiro, 2006) señala que mediante este procedimiento se obtienen valores confiables de revenimiento en el intervalo de 2cm a 20 cm, es aplicable al concreto fresco industrializado o hecho en obra con tamaño maximo nominal del agregado de 50mm (Monteiro, 2006).

De acuerdo con el autor (Monteiro, 2006) el revenimiento constituye a una medida de la consistencia del concreto fresco en término de la disminución de altura, es un indicador de la trabajabilidad del concreto fresco, el cual se determina mediante el ensayo de cono de Abrams.

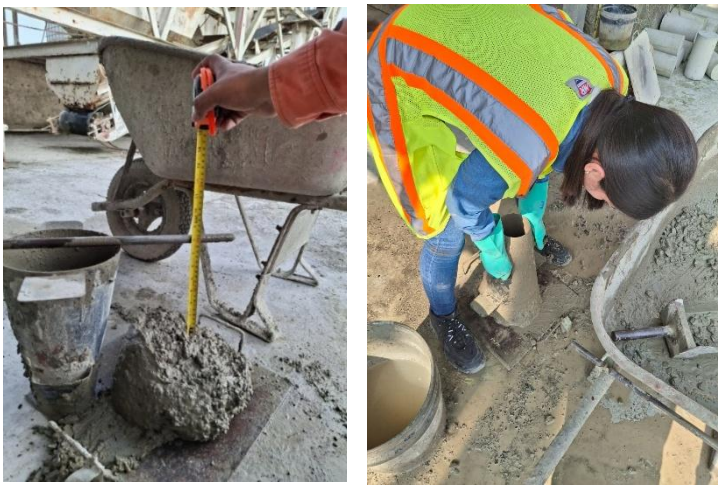


Figura 5. Prueba de revenimiento de laboratorio

Fuente: (Obtenida de la empresa)

(Ortiz Lozano, 2007) indica que un revenimiento excesivo puede evidenciar una proporción elevada de agua en la mezcla, lo cual compromete la resistencia del concreto y favorece la

segregación. De igual modo plantea que, “un revenimiento demasiado bajo dificulta las labores de colocación y compactación, incrementando el riesgo de formación de vacíos y nidos de grava”. Por tal motivo, este parámetro debe ajustarse cuidadosamente según el tipo de elemento constructivo y los escenarios específicas de la obra.

Revenimiento especificado		
	3 pulgadas (75 mm) o menos	Más de 3 pulgadas (75 mm)
Tolerancia mayor	0	0
Tolerancia menor	1 ½ pulg. (40 mm)	2 ½ pulg. (65 mm)

Figura 6. Especificaciones del revenimiento

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Las tolerancias para el revenimiento cuando las descripciones del proyecto se señalan como exigencia “máxima” o “no exceder”.

Tolerancias para revenimientos nominales	
Para un revenimiento especificado de:	Tolerancia
2 pulgadas (50 mm) y menos	± ½ pulgada (1.5 mm)
Más de 2 pulgadas y hasta 4 pulgadas (50 a 100 mm)	± 1 pulgada (25 mm)
Más de 4 pulgadas (100 mm)	± 1 ½ pulgada (40 mm)

Figura 7. Tolerancias de revenimiento nominales

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Esta opción es para usarse “solo si se permite adición de agua en la obra, si es que dicha adición no incrementa la relación agua/cemento por encima del máximo permitido por las especificaciones”. Cuando las especificaciones del proyecto para el revenimiento no son señaladas como requerimiento “máximo” o “no exceder” (Ortiz Lozano, 2007).

2.2.2.1 Ley del cono de Abrams

(Mindess Y. &., 2003) describe que el ensayo de cono de Abrams consiste en un molde de acero cincado de no menos de 1,5 mm de espesor de chapa, de forma de tronco de cono recto abierto en sus extremos, de 20 cm de diámetro de la base inferior, 10 cm de diámetro de la base superior y 30 cm de altura. El molde está provisto de piezas adecuadas para asegurar su perfecto asiento.

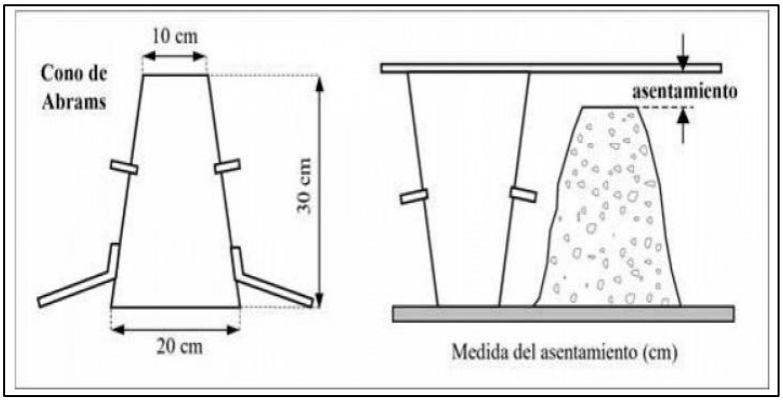


Figura 8. Cono de Abrams

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2.2.2.1 Procedimiento de ensayo del cono de Abrams

(Mindess Y. &., 2003) narra que el procedimiento de ensayo comienza al humedecer el molde y colocar al cono sobre una superficie plana no absorbente. “Se llena el molde en tres capas, procurando colocar cada una llenando aproximadamente la tercera parte del contenido y manteniéndolo firmemente sobre la base”. “Al verter cada cucharada de concreto hidráulico debe girarse la cuchara, asegurando una distribución uniforme a medida que el hormigón se

desliza". Por su parte (Mindess Y. &., 2003) menciona que se debe golpear 25 veces cada una de las capas de hormigón, con una barra de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud terminada en punta roma. Así mismo el autor (Barragan, 2022) menciona que los golpes deben ser distribuidos en todas las capas, aplicados en forma uniforme, de forma que la barra penetre verticalmente hasta la capa inmediata inferior, "terminado el relleno y el apisonamiento de la capa superior", "se alisa la superficie con una llana, en forma que el molde quede totalmente lleno".

Sin embargo, la consistencia del hormigón se establece por el asentamiento que es determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del eje de la probeta asentada, y expresada en centímetros, este procedimiento, suele realizarse colocando el molde a un costado de la muestra y se coloca la varilla de 16 mm sobre el molde, apreciando la diferencia en centímetro del molde y el hormigón fresco (Mindess Y. &., 2003).

Por último, el autor (Mindess Y. &., 2003) menciona que "después de medido el asentamiento, se golpea suavemente el costado del molde con la barra. El comportamiento del hormigón durante esta operación sirve como indicación de la cohesión, trabajabilidad y plasticidad de la masa de hormigón. Si el mismo está bien proporcionado y tiene una buena trabajabilidad debe asentarse gradualmente, manteniendo su aspecto original sólo que deformado". Si el hormigón es de mala calidad, el tronco se desmorona y se segrega.

Figura 9. Revenimiento

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Figura 10. Prueba

Fuente: (Obtenida de la empresa)

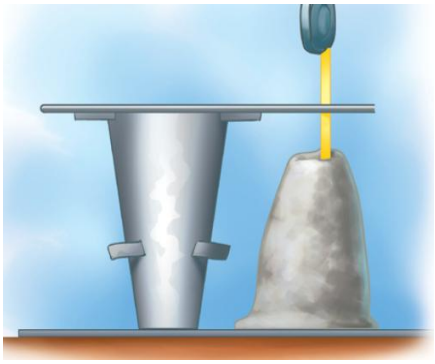


Figura 11. Medición de la prueba de revenimiento

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2.2 Temperatura

En esta fase se deja el dispositivo de medición de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 min o hasta que la lectura se estabilice, lo cual normalmente sucede cuando no varía en más de 0,5 $°C$ en 1 min luego lea y registre la temperatura (Neville, 2012).

La medición de la temperatura del concreto fresco se debe llevar a cabo dentro de los 5 min después de obtenida la muestra excepto cuando el concreto contenga agregado de tamaño máximo nominal mayor que 75 mm ya que puede requerir arriba de 20 min para que se estabilice la lectura. (Neville, 2012)

La norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 instituye el método de ensayo para establecer la temperatura del concreto fresco. Y es adaptable para cotejar el cumplimiento de un requisito específico de la temperatura del concreto hidráulico (Neville, 2012).

Figura 12. Temperatura del concreto en estado fresco

Fuente: (Obtenida de la empresa)

(Leon, 2016) menciona que, en el caso de climas fríos, el consumidor debe procurar mantener la temperatura del concreto arriba de los limites indicados en la tabla 1.

1) Dimensión de la sección, en mm	**2) Temperatura mínima del concreto, °c**
Menos de 300	13
300 a 900	10
901 a 1 800	7
Mayor que 1 800	5

Tabla 1. Temperatura del concreto fresco durante su colocación en clima frío

Fuente: (Obtenida de la empresa)

(Brooks, 2010) señala que para aquellos casos en que se proceda a calentar los materiales para compensar las bajas temperaturas ambientales, la temperatura máxima del concreto hidráulico en el momento de la entrega no debe exceder de 32 °C.

Así mismo el autor (Neville, 2012) menciona que, en climas cálidos, la temperatura del concreto hidráulico en el momento de su entrega debe ser la más baja posible alcanzable en forma práctica, de común acuerdo con el comprador. No se debe exceder la temperatura de 38 °C.

(Brooks, 2010) señala que Para contrarrestar el efecto de las temperaturas ambientales altas el productor debe determinar la pertinencia de enfriar los materiales y la posibilidad de enfriar el agua, sin que la temperatura del concreto fresco descienda a menos de 10 °C, en algunas ocasiones se pueden encontrar dificultades cuando la temperatura del concreto se aproxima a los 32 °C.

2.2.3 Contenido de aire

De acuerdo con (Kosmatka, 2011) el intervalo del contenido total de aire incluido en el concreto debe fijarse por el estructurista, de acuerdo con las condiciones particulares de cada obra y en función de la precisión del ensayo, es decir que, deben realizarse ensayos para determinar el contenido de aire tanto preliminar, como de rutina, con el propósito de verificarlo durante la construcción, por lo menos en aquellas muestras en que se obtengan especímenes de concreto para el ensayo de compresión.

(Kosmatka, 2011) señala que para proporcionar al concreto la resistencia al congelamiento y deshielo, según el tamaño máximo nominal de agregado, se recomiendan los porcentajes de contenido de aire total indicados en la tabla 2.

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	**Cantidad de aire recomendado, total en %**		
	Ligera	**Moderada**	**Severa**
75	1.5	3.5	4.5
50	2.0	4.0	5.0
40	2.5	4.5	5.5
25	3.0	4.5	6.0
20	3.5	5.0	6.0

13	4.0	5.5	7.0
10	4.5	6.0	7.5

Tabla 2. Cantidad de aire recomendado según el grado de exposición al congelamiento y deshielo

Fuente: (Obtenida de la empresa)

(Mindess A. , 2005) menciona que los contenidos de aire menores a los indicados en la tabla 5 son insuficientes para darle al concreto la resistencia al congelamiento y deshielo, contenidos superiores pueden reducir significativamente la resistencia mecánica sin lograr una protección adicional.

2.2.4 Masa unitaria

Tal como señala el autor (Neville, 2012) la base de la medición del volumen debe ser el m3 de concreto fresco, tal como se descarga en el sitio de entrega, así mismo el volumen de una carga establecida de concreto recién mezclado, debe determinarse a partir de la masa total de los materiales de la mezcla, dividido entre la masa unitaria del mismo concreto.

La masa total de la mezcla puede ser calculada, ya sea como la suma de las masas de los materiales, inclusive el agua de toda la mezcla, o como la masa neta, tal como se entrega (Sanchez, 2001).

El volumen suministrado, determinado como se indicó, puede aceptarse con una tolerancia de + 2 % con relación al volumen solicitado, de igual modo debe entenderse que el volumen de concreto endurecido puede aparentar ser menor que el suministrado debido al desperdicio, tal como: mortero adherido a la revolvedora del camión y en la tubería de la bomba, derrames, sobre excavaciones, sobre espesores, ensanchamiento y falta de calafateo en las cimbras, etc (Sanchez, 2001)**.**

El autor (Sanchez, 2001) menciona que no es aplicable a los concretos secos o de bajo revenimiento, tales como los que se usan en la fabricación de elementos precolados.

Figura 13. Masa unitaria

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2.5 Resistencia a la comprensión

La resistencia a compresión debe ser determinada utilizando especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm o de 100 mm x 200 mm o especímenes cúbicos de 150 mm 6 100 mm de lado, previo acuerdo entre las partes (Mindess S. Y., 2003).

(Mindess S. Y., 2003) narra que los resultados obtenidos deben ser multiplicados por los factores de correlación para obtener su equivalencia con los especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm, el concreto debe alcanzar la resistencia especificada a la compresión convenida, f'c, a la edad de 28 días u otra edad (Mindess Y. &., 2003).

De igual manera el valor de la desviación estándar para cualquier planta de concreto debe calcularse utilizando una sola clase y nivel de resistencia de concreto, con 100 o más valores de los ensayos de resistencia de muestras tomadas al azar, por un mismo laboratorio, y para una obra específica se debe tener al menos 30 valores de los ensayos de resistencia, (Delvasto, 2020).

Cuando no se disponga de información relacionada con la desviación estándar de una planta, se debe considerar una desviación estándar de 7,5 MPa o 20% de la resistencia especificada, lo que sea mayor (Delvasto, 2020). Por su parte el autor (Arana, 2023) narra que para el

diseño de mezclas de concreto se utiliza la resistencia obtenida con las expresiones indicadas en la tabla 3 para el nivel de resistencia correspondiente.

Resistencia especificada a la comprensión, MPa	**Resistencia promedio requerida a la comprensión, MPa**
f' c ≤ 35	Usar el mayor valor obtenido de las dos ecuaciones siguientes: f'CR= f'c + 1,34 σ f'CR= f'c + 2,33 σ – 3,5
f' c > 35	Usar el mayor valor obtenido de las dos ecuaciones siguientes: f'CR= f'c + 1,34 σ f'CR= 0,9f'c + 2,33 σ

Tabla 3. Resistencia a comprensión promedio, f"CR, para el diseño de mezclas de concreto hidráulico

Fuente: (Obtenida de la empresa)

De acuerdo con (Salazar, 2021) el criterio de aceptación de la resistencia a la compresión se establece de la siguiente manera.

(Salazar, 2021) menciona que se acepta que no más de 10% de los ensayos de resistencia a compresión tenga valores inferiores a la resistencia especificada, f'c, para cumplir con este requisito con un nivel de confianza de 99%, los resultados de los ensayos deben cumplir con las dos condiciones señaladas para cada nivel de resistencia especificada

Para resistencia especificada, f'c, menor o igual a 35 MPa:

a) "El promedio de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas debe ser igual o mayor que fc".
b) "Ninguna resistencia individual debe ser menor que fc-3,5 MPa".

Para resistencia especificada, f'c, mayor que 35 MPa:

a) “El promedio de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas debe ser igual o mayor que fc”.

b) “Ninguna resistencia individual debe ser menor que 0,9 fc”.

Cuando solo se tienen dos muestras, el promedio de ellas debe ser mayor que o igual a fc - 1,27 MPa (Salazar, 2021).

2.2.2.5. Requisitos del concreto en estado endurecido en resistencia a la compresión

(Alonso Farrera, 2007) menciona que el productor de concreto debe tener información de ensayos que respalden el cumplimiento con los requisitos especificados.

Cuando la resistencia a compresión es la base de la aceptación del concreto deben elaborarse especímenes de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE.La muestra para el ensayo de resistencia a compresión a la edad especificada debe consistir como mínimo de dos especímenes (Alonso Farrera, 2007).

La muestra debe obtenerse de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-161-ONNCCE.

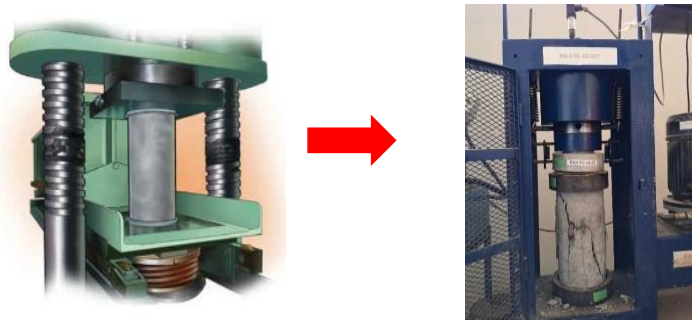


Figura 14. Ensaye de resistencia a la compresión

Fuente: (Obtenida de la empresa)

El autor (Alonso Farrera, 2007) describe que el resultado de un ensayo debe ser el promedio de las resistencias obtenidas en los especímenes compañeros, excepto que, si en alguno de ellos se observa deficiencia de muestreo, elaboración, manejo, curado o ensayo, no se toma en cuenta y el promedio de las resistencias de los especímenes restantes debe ser considerado como el resultado del ensayo, así mismo el autor menciona que no es motivo para rechazar

el espécimen el que se obtenga una resistencia inferior a la especificada. (Alonso Farrera, 2007).

2.2.5 Durabilidad

(Monteiro, 2006) menciona que las principales acciones de deterioro que afectan la durabilidad de las estructuras de concreto hidráulico son:

- Físicas mecánicas, generalmente asociadas a congelamiento deshielo, erosión, fenómenos geológicos, hundimientos diferenciales y cambios de volumen por gradientes térmicos o de humedad. (Monteiro, 2006)
- Ataque químico por la exposición a ácidos, gases, aguas y suelos que contienen sustancias químicas agresivas incluyendo sulfatos y microorganismos biológicos.
- Reacción química de agregados con los álcalis del cemento. (Monteiro, 2006)
- Mecanismos que ocasionan corrosión del acero de refuerzo o de embebidos metálicos en el concreto propiciada concreto principalmente por carbonatación y la presencia de iones de cloro. (Monteiro, 2006)

Las diferentes clases de exposición a acciones de deterioro a las que pueden estar sometidas las estructuras de concreto hidráulico y que deben considerarse por e estructurista para establecer las especificaciones y requisitos de durabilidad se describen en la tabla 4.

Clasificación	Condiciones de exposición
1	**Ambiente seco** **a)** Interior de edificaciones habitables. **b)** Componentes interiores que no se expongan en forma directa al viento, suelos o humedad. **c)** Regiones con humedad relativa mayor al 60% por un lapso no mayor a tres meses al año.
2a	**Ambiente húmedo sin congelamiento**

	a) **I**nterior de las edificaciones con humedad relativa mayor al 60% por más de tres meses al año. **b)** Elementos exteriores expuestos al viento, pero no al congelamiento. **c)** Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o sin agua ni posibilidad de congelamiento.
2b	**Ambiente húmedo con congelamiento** **a)** Elementos exteriores expuestos al viento, con posibilidad de congelamiento y/o exposición a agentes químicos descongelantes. **b)** Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua con posibilidad de congelamiento.
3	**Ambiente marino totalmente sumergido** **a)** Estructuras totalmente sumergidas sin exposición parcial o total al aire.
4a	**Ambiente marino grado moderado** **a)** Área rica en sales o costras, sin contacto con agua. Estructuras con influencia del aire marino en grado moderado, colocadas entre 3 km y 300 m de la línea de costa.
4b	**Ambiente marino grado severo** **a)** Área rica en sales o costras, con contacto con el agua. Estructuras con influencia del aire marino en grado severo, colocadas entre la línea de costa y 300 metros.
4c	**Ambiente marino zona de salpicadura** **a)** Área rica en sales o costras, en contacto con agua marina. Estructuras en contacto con aire y agua marina, ciclos de humedecimiento y secado.
5a	**Ambiente de agresividad química ligera (por gases, líquidos o sólidos)** **En contacto con agua:** pH: CO_2 agresivo (en mg/l como CO_2) Amonio (en mg/l como NH Magnesio (en mg/l como Mg^{2+}) Sulfato (en mg/l como SO_4^{2-})

	En contacto con suelo: Grado de acidez según Baumann – Gully Sulfatos (en mg de SO_4^{2-}/kg de suelo secado al aire)
5b	**Ambiente de agresividad química moderada (por gases, líquidos o sólidos)** **En contacto con agua:** pH CO_2 agresivo (en mg/l como CO_2) Amonio (en mg/l como NH_4^+) Magnesio (en mg/l como Mg^{2+}) Sulfato (en mg/l como SO_4^{2-}) **En contacto con suelo:** Sulfatos (en mg de SO_4^{2-}/kg de suelo secado al aire)
5c	**Ambiente de agresividad química alta (por gases, líquidos o sólidos)** **En contacto con agua:** pH CO_2 agresivo (en mg/l como CO_2 Amonio (en mg/l como NH_4^+) Magnesio (en mg/l como Mg^{2+}) Sulfato (en mg/l como SO_4^{2-}) **En contacto con suelo:** Sulfatos (en mg de SO_4^{2-}/kg de suelo secado al aire)
5d	**Ambiente de agresividad química muy alta (por gases, líquidos o sólidos)** pH CO_2 agresivo (en mg/l como CO_2) Amonio (en mg/l como NH_4^+) Magnesio (en mg/l como Mg^{2+}) Sulfato (en mg/l como SO_4^{2-})
6	**Acciones de erosión o cavitación**
6a	**Grado ligero:**

	a) Vialidad con escasa circulación. Vehículos ligeros y tráfico peatonal. Sin riesgo de congelación (SRC).
6b	**Grado mediano:** **a)** Carreteras y caminos de red secundaria. Pisos industriales con circulación de montacargas con ruedas de hule con menos de 12 t de carga. Superficies con maniobras de carga ligeras en interiores.

Tabla 4. Clasificación de exposición a acciones de deterioro del concreto hidráulico

Fuente: (Obtenida de la empresa)

La tabla 5 "establece los requisitos para durabilidad que se deben cumplir, según la clase de exposición a acciones de deterioro a que van a estar sujetos los elementos y estructuras de concreto durante su vida útil de acuerdo a la tabla 4". Las frecuencias con la que deben realizarse los diferentes ensayos relacionados con durabilidad, están indicadas en la tabla 6.

Requisitos de durabilidad	**Método de ensayo / referencia**
Caracterización de condiciones de exposición	
pH en el agua	NMX-AA-008-SCFI
CO_2 en agua	NMX-C-283
Amonio en el agua	NMX-C-283
Magnesio en el agua	NMX-C-283
Sulfatos en el agua	NMX-AA-036-SCFI y 104.1 y 104.2-CB28
Sulfatos en el suelo	104.1 y 104.2
Ácidos en el suelo	104.2
Concreto hidráulico	
Resistencia a la compresión mínima	NMX-C-083-CONCRETE, NMX-C-160-ONNCCE, NMX-C-191-ONNCCE

Relación agua/cemento	De acuerdo a los requerimientos de resistencia y de exposición, establecidos en la tabla 8
Contenido mínimo de cemento	De acuerdo a los requerimientos de resistencia y de exposición establecidos en la tabla 8
Contenido de aire de acuerdo al tipo de exposición (aire incluido, no incluido)	NMX-C-157-ONNCCE y NMX-C-162-ONNCCE
Permeabilidad al cloruro de sodio (Coulombs)	104.3
Contenido de iones de cloruro que tiene el agua (% peso por cemento)	NMX-AA-034-SCFI (agua) y tabla 8 (contenido máximo de iones de cloruro en el concreto), y además NMX-C-156-ONNCCE y AASHTO T277, ensayo eléctrico para determinar la permeabilidad al cloruro.
Densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido	10.4.4
Absorción capilar	10.4.5
Requisitos especiales de los materiales componentes	
Características especiales del cemento de acuerdo a la NMX-C-111-ONNCCE	NMX-C-185-ONNCCE
Verificación de características especiales de resistencia a los sulfatos	NMX-C-185-ONNCCE
Verificación de características especiales del cemento resistente a los álcalis	NMX-C-185-ONNCCE
Agregados de acuerdo a NMX-C-111-ONNCCE	NMX-C-075-ONNCCE
Suralidad, Na_2SO_4	NMX-C-075-ONNCCE

Tabla 5. Control de producción del concreto con requisitos de durabilidad y método de ensayo

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Requisitos de durabilidad	Método de ensayo / referencia
Requisitos especiales de los materiales componentes	
Contenido de finos en arena gruesa (método de lavado)	NMX-C-084-ONNCCE
Contenido de finos en arena gruesa sin lavar	NMX-C-77-ONNCCE
Reactividad con los álcalis del cemento	NMX-C-180-ONNCCE
Resistencia a la presión	NMX-C-196-ONNCCE
Partículas ligeras en la grava	NMX-C-072-ONNCCE
Partículas deleznables en la grava	NMX-C-071-ONNCCE
Contenido de finos en arena gruesa (método de lavado)	NMX-C-071-ONNCCE
Contenido de finos en arena gruesa sin lavar	NMX-C-084-ONNCCE
Reactividad con los álcalis del cemento	NMX-C-196-ONNCCE
Resistencia a la presión	NMX-C-072-ONNCCE
Partículas ligeras en la grava	NMX-C-071-ONNCCE
Partículas deleznables en la grava	NMX-C-071-ONNCCE

Tabla 6. Requisitos de durabilidad del concreto hidráulico

Fuente: (Obtenida de la empresa)

TABLA 10.- Requisitos de durabilidad según la clase de exposición a acciones de deterioro del concreto

	REQUISITOS DE DURABILIDAD	Clase de exposición según la tabla 7																			
		1	2a	2b	3	4a	4b	4c	4d	5a		5b		5c		5d		6a	6b	6c	6d
										Con sulfatos	Sin sulfatos	Con sulfatos	Sin sulfatos	Con sulfatos	Sin sulfatos	Con sulfatos	Sin sulfatos				
CONCRETO	Resistencia a la compresión mínima, kgf/cm²	250	250	250	250	300	300	350	350	250	250	300	300	350	350	400	400	250	300	350	400
	Relación agua/cemento	0,60	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,45	0,45
	Contenido de aire de acuerdo con el tamaño máximo del agregado en por ciento				≥ 4% para 40 mm ≥ 5 % para 20 mm ≥ 6% para 10 mm															(**)	(**)
	Permeabilidad al ion cloruro máxima, Coulombs	3 500	3 500	3 500	3 500	3 000	2 300	1 800	1 000	3 500	3 500	2 300	2 300	1 800	1 800	1 000	1 000				
	Contenido de iones de cloro solubles en agua (% del peso del cemento)																				
	Concreto presforzado	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Concreto reforzado	0,30	0,30	0,30	0,30	0,08	0,15	0,15	0,08	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	*Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido																				
	*Absorción capilar																				
	Protección adicional del concreto											si	si	si	si	si	SI			si	si

Figura 15. Requisitos de durabilidad según la clase de exposición a acciones de deterioro del concreto hidráulico

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2.6 Tiempo de fraguado

El fraguado es el cambio del estado plástico al estado endurecido de la pasta del cemento, el tiempo de fraguado consta de dos partes: tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final, estos tiempos son importantes, pues dan un aproximado del tiempo disponible para poder mezclar, transportar y trabajar concretos y morteros en obras civiles (Cabrera, 2020).

Figura 16. Tiempo de fraguado

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Los tiempos de fraguado se pueden ver afectados por: la composición química del cemento, la fineza, el agua de amasado y la temperatura ambiente (Sanchez, 2001).

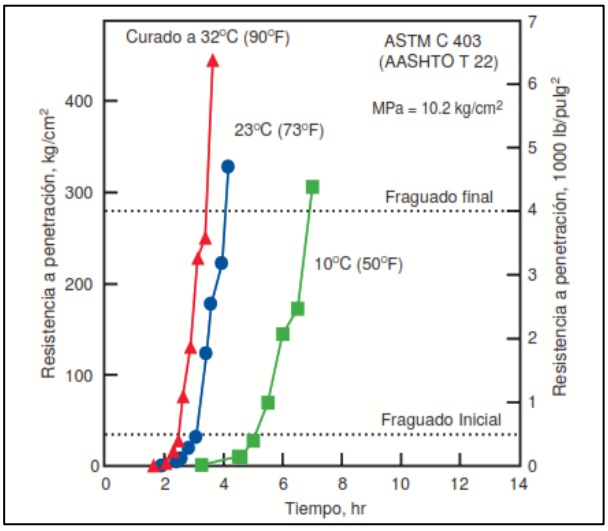


Figura 17. Tiempo de inicio y fin de fraguado para mezclas de concreto en diferentes

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.2.7 Contenido de humedad

El contenido de humedad afecta la densidad de los agregados y los requerimientos de agua de mezcla, puede influir en la resistencia y las propiedades de movimiento del concreto. (Alexander y Mindess, 2005).

Figura 18. Humedad Arena de Rio

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Figura 19. Humedad de Grava

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Figura 20. Humedad de Arena

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.3 Caracterización de materias primas y/o materiales pétreos

2.3.1 Cemento

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX -

C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP (Portland, 1998).

Figura 21. Cemento

Fuente: (Obtenida de la empresa)

2.3.3.1 Tipos de cemento

- Cemento Tipo CPO: “Cemento Portland ordinario”
- Cemento Tipo CPP: “Cemento Portland puzolánico”
- Cemento Tipo CPEG: “Cemento Portland con escoria granulada de alto horno”
- Cemento Tipo CPC: “Cemento Portland compuesto”
- Cemento Tipo CPS: “Cemento Portland con humo de silice”
- Cemento Tipo CEG: “Cemento escoria granulada de alto horno”

Clase resistente
20
30
30 R
40
40 R

Tabla 7. Clases de las resistencias del cemento

Fuente: (CEMEX Concretos)

Características especiales
RS (resistente a los sulfatos)
BRA (Baja reactividad álcali agregado)
BCH (Bajo calor de hidratación)
BRA (Baja reactividad álcali agregado)
BCH (Bajo calor de hidratación)
B (Básico)

Tabla 8. Características especiales del cemento

Fuente: (CEMEX Concretos)

2.3.2 Grava

Conforme a lo indicado por (Gutiérrez, 1994) el agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de cincuenta (50 mm) milímetros, resistencia superior a la resistencia de la concreta señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Malla		% que pasa
2”	50.00 mm	100
1 ½”	37.50 mm	95-100
¾”	19.00 mm	35-70
3/8”	9.50 mm	10-30
Num. 4	4.75 mm	0-5

Tabla 9. Especificaciones de granulometría de la grava

Fuente: (CEMEX Concretos)

Según lo expuesto por (Gutiérrez, 1994) el contenido de substancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la tabla 10.

Substancias perjudiciales	%
Partículas Deleznables	0.25

Partículas suaves	5.00
Pedernal como impureza	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Tabla 10. Especificaciones perjudiciales en grava

Fuente: (CEMEX Concretos)

El agregado grueso, además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

a) Deterioro "Los Angeles" **40% máximo**

b) Intemperismo Acelerado **12% máximo** (utilizando sulfato de sodio)

(Alvarez, 2019) indica que cuando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de su calidad, el Especificador podrá ordenar se efectúen pruebas de desgaste de los Angeles, separando el material sano del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en la muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en los almacenamientos de agregados ya tratados o en donde vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán obtener desgastes mayores que cuarenta por ciento (40%). (Alvarez, 2019)

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado grueso, a juicio del Supervisor se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12%), en el entendido que el cumplimiento de esta característica no excluye las mencionadas anteriormente (Brito de Oliveira, 2011).

2.3.2.1 Granulometría

(Brito de Oliveira, 2011) establece que la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados, se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra de agregado en fracciones de igual tamaño.

La medida de la cuantía de cada una de estas fracciones es lo que se conoce como granulometría (Portland, 1998).

2.3.3 Arena

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación en la tabla 11 (Portland, 1998).

Malla	% que
9,5 mm (3/8”)	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 mm (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
0,600 mm (No. 30)	25-60
0,300 mm (No. 50)	10-30
0,150 mm (No. 100)	2-10

Tabla 11. Especificaciones de granulometría para agregado fino

Fuente: (CEMEX Concretos)

Concepto	Material máximo permisible en masa de la muestra total, en %
En concreto sujeto a abrasión	5,0 (1)
En concretos presforzados	8,0 (1)
En otros concretos	15,0 (2)

(1) En caso de agregados triturados, sí el material que pasa por la malla de 0,075 mm (No. 200) es el resultado de la pulverización de rocas exentas de arcilla y/o pizarras, este límite puede incrementarse a 6 % y 10 %, respectivamente.
(2) Este valor, queda condicionado por los parámetros de plasticidad y contracción lineal (véase Tabla 5).

Figura 22. Especificaciones de materiales finos que pasan por malla de 0,075 mm

Fuente: (Obtenida de la empresa)

(Muñiz, 2017) define que la arena deberá estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto cuando se tengan antecedentes de comportamientos aceptables, en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios; en este caso, los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporcionamiento del concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.

2.3.4 Agua

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y, por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc (Leon, 2016).

(Leon, 2016) menciona que en general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las substancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón.

Substancias perjudiciales	ppm máxima
Sulfatos (convertidos a Na2SO4)	1,000
Cloruros (convertidos a NaCI)	1,000
Material orgánico (oxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Tabla 12. Especificaciones de sustancias perjudiciales en el agua

Fuente: (CEMEX Concretos)

El pH, medido según norma ASTM D-1293, no podrá ser inferior a cinco (5), de igual modo el contenido de sulfatos, expresado como SO4=, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l) y su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516, así mismo su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l) (Leon, 2016).

2.3.5 Aditivos

(Muñiz, 2017) señala que esta norma mexicana establece las especificaciones que, deben cumplir los aditivos químicos adicionados a las mezclas de concreto hidráulico que son elaboradas con cemento Pórtland, que modifican la consistencia y el tiempo de fraguado de

las mismas, así como los métodos de ensayo requeridos para realizar su evaluación. De acuerdo a (Erazo, 2021) clasifica los aditivos de la siguiente manera:

a) Aditivo acelerante de resistencia

Es un producto químico que tiene la propiedad de acortar el tiempo del alcance de la resistencia a la compresión (Erazo, 2021).

b) Aditivo reductor de agua

Es un producto químico que tiene la propiedad de disminuir la cantidad de agua de la mezcla, requerida para producir un concreto de una consistencia dada (Erazo, 2021).

c) Aditivo reductor de agua de alto rango

Producto químico que tiene la propiedad de disminuir la cantidad de agua de la mezcla, en 12 % o más, referido a un concreto testigo (Erazo, 2021).

d) Aditivo reductor de agua de alto rango y retardante

Es un producto químico que tiene la propiedad de disminuir la cantidad de agua de la mezcla, en 12 % 0 más requerida para producir un concreto de una consistencia dada, además de prolongar los tiempos de fraguado del concreto (Erazo, 2021).

e) Aditivo reductor de agua y acelerante

Es un producto químico que tiene la propiedad de disminuir la cantidad de agua de la mezcla, entre 5 % y 11 %, requerida para producir un concreto de una consistencia dada, además de acortar los tiempos de fraguado del concreto (Erazo, 2021).

f) Aditivo reductor de agua y retardante

Es un producto químico que tiene la propiedad de disminuir la cantidad de agua de la mezcla, entre 5 % y 11 % requerida para producir un concreto de una consistencia dada, además de prolongar los tiempos de fraguado del concreto (Erazo, 2021).

g) Aditivo retardante

Es un producto químico que tiene la propiedad de prolongar los tiempos de fraguado del concreto (Erazo, 2021).

h) Aditivo superplastificante

Es un producto químico que tiene la propiedad de incrementar el revenimiento del concreto en 90 mm como mínimo con respecto al testigo, para producir un concreto que fluye, con revenimiento mayor a 190 mm, sin presentar segregación ni sangrado (Erazo, 2021).

i) Concreto de referencia o concreto testigo

Es aquel que se toma como punto de comparación, y que no contiene el aditivo bajo el ensayo (Erazo, 2021).

j) Contenido de aire en el concreto fresco

Es el volumen de vacíos en la pasta de concreto fresco, excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado; usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla de concreto (Erazo, 2021).

k) Modificador del contenido de aire

Es un aditivo que tiene la propiedad de modificar el contenido unitario de aire en el concreto, / medido en %. (Brito de Oliveira, 2011) clasifica los aditivos de la siguiente manera:

TIPO A	Reductor de agua
TIPO B	Retardante

TIPO C	Acelerante del fraguado inicial
TIPO C2	Acelerante de resistencia
TIPO D	Reductor de agua y retardante
TIPO E	Reductor de agua y acelerante
TIPO F	Reductor de agua de alto rango
TIPO G	Reductor de agua de alto rango y retardante
TIPO F2	Superplastificante
TIPO G2	Superplastificante y retardante
TIPO AA	Modificador del contenido de aire

Tabla 13. Clasificación de aditivos

Fuente: (Obtenido de la empresa)

2.4 Normas técnicas aplicables al concreto hidráulico

2.4.1 NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 (Industria de la construcción, concreto hidráulico)

Esta Norma Mexicana establece requisitos para la producción de concreto hidráulico y métodos de prueba para su control en estado fresco y endurecido. Así como recomendaciones y alineamientos para su comercialización.

2.4.2 Parámetros de calidad establecidos

Requisitos químicos	Límites de concentración máxima en el agua de mezclado, mg/l (ppm).	Método de ensayo
Cloruros como Cl Concreto reforzado en ambiente húmedo o que haya elementos ahogados de aluminio o de metales disimiles o que estén en	500	

contacto con cimbras de metal galvanizado para el caso de concreto presforzado		
Sulfatos como SO_4	3000	NMX-C-283-ONNCCE
Álcalis totales	600	NMX-C-283-ONNCCE
Sólidos totales	50000	NMX-C-283-ONNCCE

Tabla 14. Límites químicos opcionales para el agua de lavado de materiales

Fuente: (Obtenido de la empresa)

Revenimiento nominal (cm)	Tolerancia (cm)
Menor de 5	$\pm 1{,}5$
De 5 a 10	$\pm 2{,}5$
Mayor de 10	$\pm 3{,}5$

Tabla 15. Valor nominal de las pruebas de revenimiento y tolerancias de calidad

Fuente: (Obtenido de la empresa)

Dimensión de la sección, en mm	Temperatura mínima del concreto, c°
Menos de 300	13
300 a 900	10
901 a 1 800	7
Mayor que 1 8000	5

Tabla 16. Temperatura del concreto fresco durante su colocación en climas fríos

Fuente: (Obtenido de la empresa)

2.4.3 Estándares de aceptación y rechazo

Concepto	Límites	Método de ensayo
Resistencia a la compresión con respecto a la mezcla de control de 7 días. Agua de control puede ser agua destilada o agua de la red municipal.	90%, mínimo	NMX-C-161-ONNCCE
Tiempo de fraguado, desviación respecto al tiempo de fraguado, de la mezcla de control.	No más de 1 h de la inicial	NMX-C-059-ONNCCE

	No más 1 h 30 min en el final	

Tabla 17. Criterios de aceptación

Fuente: (Obtenido de la empresa)

Basculas y cuenta litros	Porcentaje de error
Aditivo	$\pm 3\%$
Agregado	$\pm 2\%$
Cemente	$\pm 1\%$
Agua	$\pm 1\%$

Tabla 18. Estándar de aceptación y % de error de cargas

Fuente: (Obtenido de la empresa)

2.4.4 Otras normativas relacionadas

NMX-AA-008-SCFI-2011	Análisis del agua, determinación del PH. Método de prueba.
NMX-AA-073-SCFI-2001	Análisis del agua, determinación de cloruros totales en aguas naturales (residuales y residuales tratadas. Método de prueba.
NMX-C-059-ONNCCE-2013	Industria de la construcción, cementos hidráulicos, determinación del tiempo de ceméntales hidráulicos.
NMX-C-061-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, cementos hidráulicos, determinación de la resistencia a la comprensión de ceméntales hidráulicos.
NMX-C-071-ONNCCE-2004	Industria de la construcción, determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables.
NMX-C-072-ONNCCE-1997	Industria de la construcción, agregados, determinación de partículas ligeras.
NMX-C-075-ONNCCE-2006	Industria de la construcción, agregados, determinación de sanidad por medio del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio.

NMX-C-077-ONNCCE-1997	Industria de la construcción, agregados para concreto, análisis granulométrico, método de prueba.
NMX-C-083-ONNCCE-2002	Industria de la construcción, concreto, determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de conceto, método de prueba.
NMX-C-084-ONNCCE-2006	Industria de la construcción, agregados para concreto, partículas más finas que la criba 0,075 mm (No.200) por medio de lavado, método de prueba.
NMX-C-111-ONNCCE-2004	Industria de la construcción, agregados para concreto hidráulico, especificaciones y métodos de prueba.
NMX-C-112-ONNCCE-2004	Industria de la construcción, agua para concreto, especificaciones.
NMX-C-128-ONNCCE-2013	Industria de la construcción, concreto sometido a compresión, determinación del módulo de elasticidad estático y relación de Poisson.
NMX-C-131-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, cementos, determinación del análisis químico de cementos hidráulico.
NMX-C-146-ONNCCE-2000	Industria de la construcción, aditivos para concreta puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante para usarse como aditivo mineral en concreto de cemento portland, especificaciones.
NMX-C-156-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, concreto, determinación del revenimiento en el concreto fresco.
NMX-C-157-ONNCCE-2006	Industria de la construcción, concreto, determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.
NMX-C-158-ONNCCE-2006	Industria de la construcción, concreto, determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.
NMX-C-159-ONNCCE-2004	Industria de la construcción, concreto, elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.

NMX-C-161-ONNCCE-2013	Industria de la construcción, concreto fresco, muestreo
NMX-C-162-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, concreto hidráulico, determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
NMX-C-163-1997-ONNCCE	Industria de la construcción, concreto, determinación de la resistencia ala tensión por comprensión diametral de cilindros de concreto.
NMX-C-169-ONNCCE-2009	Industria de la construcción, concreto, extracción de especímenes cilíndricos o prismáticos de concreto hidráulico endurecido.
NMX-C-180-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, cemento hidráulico, determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de ceméntales hidráulicos por medio de barras de mortero.
NMX-C-185-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, cemento hidráulico, determinación de expansión de barras de mortero de cemento sumergidas en agua.
NMX-C-191-ONNCCE-2004	Industria de la construcción, concreto, determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro.
NMX-C-196-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, agregados, determinación de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregados gruesos usando la máquina de los ángeles.
NMX-C-236-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, concreto hidráulico, práctica para examinar y muestrear el concreto endurecido en el sitio de colocado.
NMX-C-251-1997-ONNCCE	Industria de la construcción, concreto, terminología.
NMX-C-255-ONNCCE-2013	Industria de la construcción, aditivos químicos para concreto, especificaciones, muestreo y métodos de ensayo.

NMX-C-283-1982-ONNCCE	Industria de la construcción, agua para concreto, análisis.
NMX-C-414-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, cementos hidráulicos, especificaciones y métodos de ensayo.
NMX-C-435-ONNCCE-2010	Industria de la construcción, concreto hidráulico, determinación de la temperatura del concreto fresco.

Tabla 19. Normas Mexicanas (NMX) aplicables en el concreto hidráulico y pruebas de calidad

Fuente: (Obtenido de la empresa)

2.5 Herramientas de control y mejora continua

2.5.1 Ciclo PHVA

El autor (Deming, 1940) define el PHVA, como el ciclo de la calidad, o espiral de la mejora continua, es una herramienta planteada inicialmente por Walter Shewhart y trabajada por Deming en 1950, se fundamenta en cuatro pasos: “Planificar (PLAN), Hacer (DO), Verificar (CHECK) y Actuar (ACT)”.

(Deming, 1940) menciona que, en términos generales, el PHVA es un ciclo que contribuye a la ejecución de los procesos de forma organizada y a la comprensión de la necesidad de ofrecer altos estándares de calidad en el producto o servicio; por tanto, puede ser utilizado en las empresas, ya que permite la ejecución eficaz de las actividades.

2.5.1.1 Etapas del ciclo de Deming

Planear (Plan)

Se determinan las políticas, los objetivos, y los procesos necesarios para alcanzar los resultados de la organización, enfatiza en qué hacer y cómo hacerlo (Deming, 1940).

Hacer (Do)

Se impulsa la implementación de los procesos de acuerdo con todo lo planificado, es decir, se realizan pruebas a pequeña escala en un entorno controlado para evitar interrumpir otros procesos (Deming, 1940).

Verificar (Check)

Se monitorean los procesos, los productos o servicios, y se realiza seguimiento para confirmar que las actividades se ejecutaron según lo planificado (Deming, 1940).

Actuar (Act)

Se toman acciones para el mejoramiento continuo del desempeño de los procesos y se establecen nuevos compromisos de cómo mejorar la próxima vez (Deming, 1940).

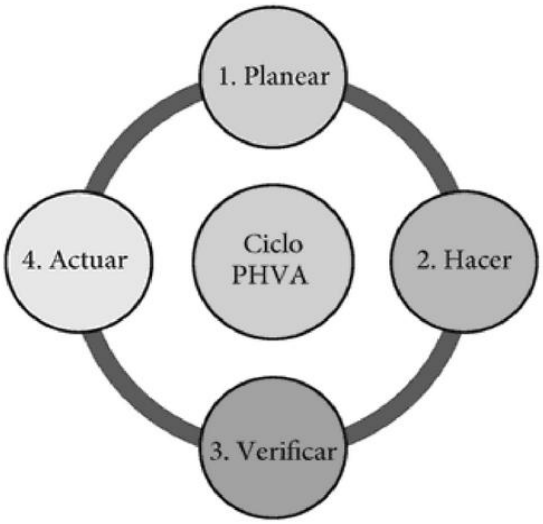


Figura 23. Ciclo PHVA

Fuente: (Amparo Zapata Gómez, 1970)

(Deming, 1940) señala que, para comprender de manera más precisa la dinámica del ciclo PHVA, en la figura 33 se presenta el despliegue de sus elementos.

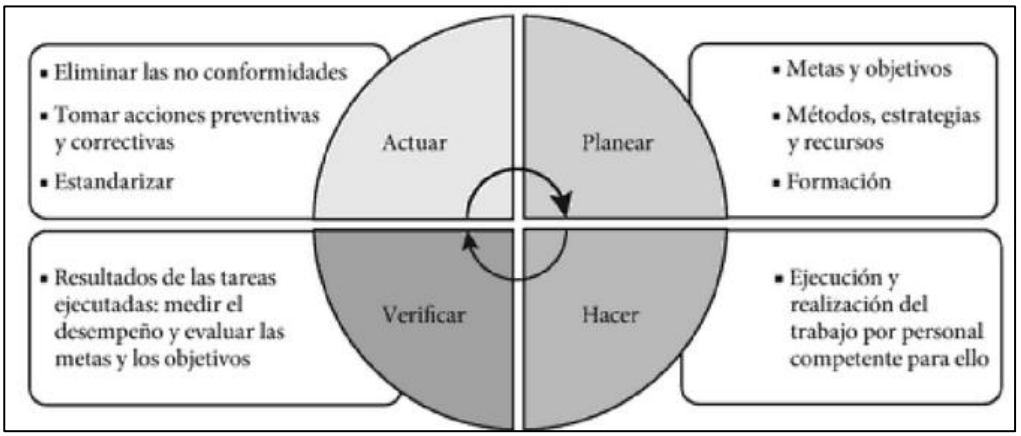


Figura 24. Despliegue del ciclo PHVA

Fuente: (Amparo Zapata Gómez, 1970)

2.5.2 Check list

Es una herramienta utilizada para asegurarse de que todas las tareas necesarias para completar una tarea, proyecto o proceso específico se han realizado y se cumplan los estándares de calidad. Consiste en una lista de verificación de todas las actividades necesarias organizadas en una secuencia lógica y de manera ordenada. Generalmente el uso de un Check List implica pasar por la lista de verificación de forma secuencial, asegurándose de que cada tarea se completa antes de pasar a la siguiente. Los Check List pueden ser muy útiles en áreas como la fabricación, la medicina, la construcción y otras industrias donde la seguridad y la calidad son cruciales (Muñiz, 2017).

2.5.2.1 Beneficios del uso del Check List

- Ayuda a evitar errores: Un Check list ayuda a evitar errores al asegurarse de que se hayan completado todos los pasos necesarios en un proceso.
- Aumenta la eficiencia: Un Check list ayuda a mejorar la eficiencia al asegurarse de que se estén siguiendo los pasos necesarios en el proceso de la manera correcta.
- Mejora la seguridad: Un Check list ayuda a mejorar la seguridad al asegurarse de que se estén siguiendo los requisitos de seguridad en el proceso.

- Facilita la formación: Un Check list puede ser un instrumento útil para la creación de nuevos empleados o para recordar a los empleados existentes acerca de los procedimientos estándar.
- Simplifica la gestión de proyectos: Un Check list puede ser una herramienta efectiva para administrar y supervisar proyectos complejos. (Korkala, 2016)

2.5.2.2 Ventajas del uso del Check List

- Facilitan la organización y el cumplimiento de tareas: Los Check Lists ayudan a garantizar que se completen todas las tareas necesarias en un proceso o proyecto en el orden correcto.
- Ayudan a reducir errores y aumentar la calidad: Los Check Lists ayudan a prevenir errores y omisiones al garantizar que se completen todas las tareas necesarias y se sigan los procesos adecuados.
- Mejoran la consistencia y la eficiencia: Los Check Lists ayudan a garantizar que se sigan procesos estandarizados, lo que puede agrandar la eficiencia y "reducir la variabilidad en los resultados".
- Facilitan la comunicación: Los Check Lists pueden utilizarse como herramientas de comunicación entre los miembros del equipo, lo que potencia la sincronización y la cooperación en el trabajo grupal.
- Ayudan a garantizar la seguridad: Los Check Lists se utilizan ampliamente en la industria médica y la aviación para garantizar la seguridad de los pacientes y los pasajeros. (Korkala, 2016)

2.5.2.3 Desventajas del uso del Check List

- Rigidez: Los Check lists pueden ser demasiado rígidos y no permitir la flexibilidad necesaria para hacer frente a circunstancias imprevistas.

- Falta de atención: Si los usuarios confían demasiado en los Check lists, pueden distraerse y olvidar de algunos aspectos importantes del proceso.
- Sobredependencia: El uso excesivo de los Check lists puede hacer que los usuarios dependan de ellos y reducir la capacidad de tomar las decisiones y poder solucionar las dificultades que se presenten de manera independiente.
- Dificultad en la creación: La creación de un Check list efectivo puede requerir tiempo y recursos significativos.
- Falta de actualización: Los Check lists pueden volverse obsoletos o inexactos si no se actualizan regularmente. (Hartmann, 2019)

2.5.2.4 Pasos para usar de manera efectiva los Check List

- Identificar el proceso o tarea a completar: Identificar el proceso o la tarea que se va a completar mediante el uso del Check list y asegurarse de que todas las tareas se hayan incluido en la lista.
- Establecer el orden de las tareas: Establecer el orden de las tareas que se deben realizar para garantizar que se realicen en el momento correcto.
- Revisar el Check list antes de empezar: Revisar el Check list antes de comenzar el proceso para asegurarse de que todas las tareas necesarias se hayan incluido y para que el usuario esté familiarizado con todas las tareas.
- Marcar cada tarea una vez que se haya completado: Marcar cada tarea a medida que se completa para asegurarse de que se hayan realizado todas las tareas necesarias y en el orden correcto.
- Detectar errores y mejorar el Check list: Revisar el Check list después de su uso para identificar posibles errores y realizar mejoras para futuros usos. (Gawande, 2009)

2.5.3 Cronograma de actividades

(Sánchez, 2015) Se trata de una herramienta de planificación visual que permite organizar las tareas, eventos o acciones de un proyecto, especificando sus fechas de inicio y finalización, duración, responsables, y secuencia de ejecución. El propósito de un cronograma de actividades es asegurar una gestión eficiente, el acatamiento de los plazos determinados y una adecuada supervisión y administración de los recursos.

2.5.3.1 Ventajas del uso del cronograma de actividades

- Focalización de tareas: Permite concentrarse en las actividades más importantes
- Facilita la gestión del tiempo: Ayuda a planificar y cumplir los plazos establecidos
- Facilita la introducción a cambios: Facilita realizar ajustes ante cambios imprevistos
- Mejora la dirección y el seguimiento: Mejora la supervisión del progreso del proyecto
- Optimiza el uso de recursos: Optimiza el uso del tiempo, personal y materiales

2.5.3.2 Desventajas del uso del cronograma de actividades

- Complejidad: Puede ser difícil de elaborar y mantener actualizado
- Propenso a errores: Un dato incorrecto puede afectar todo el plan
- Requiere mucho tiempo: Su creación y seguimiento requieren dedicación constante

2.5.3.3 Pasos para usar de manera efectiva para el cronograma de actividades

- Definir objetivos: Se trata de establecer qué se quiere lograr con el proyecto
- Identificar tareas: Consta de desglosar todas las actividades necesarias
- Asignar responsables: Designar quien realizara cada tarea o evento
- Establecer tiempos: Determinar fechas de inicio, fin y duración
- Organizar el orden de ejecución: Definir la secuencia lógica de las tareas
- Asignar recursos: Determinar los materiales, herramientas o personal requeridos
- Monitorear y actualizar: Trata de revisar periódicamente el avance y ajustar cuando sea necesario

2.5.4 Auditorías

(Montes Salazar, 2020) menciona que las auditorias son revisiones sistemáticas de una actividad o proceso para verificar el cumplimiento de reglas y criterios establecidos, con el objetivo de identificar errores, ineficiencias o incumplimiento y proponer mejoras.

Pueden ser internas, ejecutadas por la misma empresa, o externas, efectuadas por entidades independientes, su propósito principal no es detectar fraudes, sino asegurar la calidad, la conformidad con leyes y normativas, y la correcta aplicación de los recursos en áreas como finanzas, operaciones o sistemas de calidad (Montes Salazar, 2020).

2.5.4.1 Ventajas del uso de las auditorías

- Mejora continua: Permiten identificar procedencias de mejora en los procesos, bienes o servicios de la organización.
- Cumplimiento normativo: Aseguran que la empresa cumpla con los requisitos legales, normativos y de calidad establecidos.
- Transparencia y confianza: Favorecen la credibilidad ante clientes, proveedores y partes interesadas al demostrar control y responsabilidad.
- Prevención de errores: Detectan desviaciones o no conformidades antes de que generen impactos mayores.
- Optimización de recursos: Contribuyen a una mejor gestión y beneficio de los recursos disponibles.
- Toma de decisiones informada: Proveen datos objetivos y verificables que apoyan la planeación estratégica y el perfeccionamiento de la gestión.
- Fortalecimiento del sistema de gestión: Refuerzan la eficacia de los procedimientos internos y la cultura de calidad dentro de la organización. (Montes Salazar, 2020)

2.5.4.2 Desventajas del uso de las auditorías

- Costo económico: Pueden implicar gastos adicionales relacionados con honorarios de auditores, preparación de documentación y tiempo del personal involucrado.

- Consumo de tiempo: El proceso de auditoría requiere planificación, recopilación de evidencias y reuniones, lo que puede afectar temporalmente las actividades operativas.
- Resistencia del personal: Algunos empleados pueden percibir la auditoría como un proceso de control o crítica, generando tensión o desconfianza.
- Enfoque excesivo en la conformidad: En ocasiones, se prioriza el cumplimiento documental sobre la mejora real de los procesos.
- Posible subjetividad: Los resultados pueden variar dependiendo de la experiencia o criterio del auditor.
- Impacto temporal en la productividad: Durante la ejecución de la auditoría, ciertas áreas pueden reducir su eficiencia por la atención dedicada al proceso. (Montes Salazar, 2020)

2.5.4.3 Procedimiento para la ejecución de auditorías

El autor (Montes Salazar, 2020) describe que el procedimiento para la ejecución de auditorías internas es el siguiente:

- Planificación de la auditoría:

Se define el alcance, los objetivos, los criterios y el cronograma de la auditoría. Además, se designa al equipo auditor y se establece el plan de trabajo.

- Notificación de la auditoría:

Se comunica formalmente a las áreas involucradas la fecha, el propósito y el alcance de la auditoría, con el fin de asegurar su preparación y disponibilidad.

- Revisión documental:

El equipo auditor analiza previamente los documentos y registros relacionados con el sistema o proceso a auditar, verificando su cumplimiento con los requisitos establecidos.

- Ejecución o desarrollo de la auditoría:

Se realizan entrevistas, observaciones directas y revisiones de evidencias para evaluar el grado de conformidad con los criterios definidos.

- Registro de hallazgos:

Se documentan los análisis, no conformidades, oportunidades de mejora y buenas prácticas detectadas durante la auditoría.

- Reunión de cierre:

Se presentan los resultados al personal responsable, se explican los hallazgos y se aclaran dudas sobre las evidencias encontradas.

- Elaboración del informe de auditoría:

Se redacta un informe formal que incluye los resultados, conclusiones y recomendaciones para la mejora del sistema o proceso auditado.

- Seguimiento y verificación:

Se realiza una evaluación posterior para comprobar que las acciones correctivas y preventivas implementadas han sido eficaces y que los hallazgos han sido resueltos. (Montes Salazar, 2020)

2.6 Indicadores de capacidad del proceso

2.6.1 Indicador CPK (Process Capability Index)

(Brito de Oliveira, 2011) describe que el Cpk (Process Capability Index) es un indicador estadístico que mide la capacidad de un proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación establecidos por el cliente o la norma.

Evalúa qué tan centrado y consistente es un proceso respecto a sus tolerancias.

El autor brito (Brito de Oliveira, 2011) menciona que el valor que caracteriza la relación existente entre la media del proceso y su distancia al límite de especificación, por el cual el proceso dará un resultado menos correcto, es el índice utilizado para saber si el proceso se ajusta a las tolerancias, es decir, si la media natural del proceso se encuentra centrada o no con relación al valor nominal del mismo. Se considera que el proceso está dentro de las especificaciones si el índice Cpk ≥ 1,33.

2.6.2 Fórmula

(Brito de Oliveira, 2011)

$$Cpk = min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

Donde:

- USL = “Límite superior de especificación”
- LSL = “Límite inferior de especificación”
- μ (mu) = “Media del proceso”
- σ (sigma) = “Desviación estándar del proceso”

Interpretación:

- Cpk < 1.00: El proceso es incapaz; gran parte de los productos no cumplen con las especificaciones (Brito de Oliveira, 2011).
- Cpk = 1.00: El proceso cumple justo con los límites de especificación, pero sin margen de seguridad (Brito de Oliveira, 2011).
- Cpk > 1.33: El proceso es capaz y estable, cumple consistentemente con las especificaciones (Brito de Oliveira, 2011).
- Cpk ≥ 2.00: El proceso es altamente capaz y presenta excelente desempeño (Brito de Oliveira, 2011).

2.6.3 Importancia del indicador CPK (Process Capability Index)

Tal como se señala el autor (Brito de Oliveira, 2011) la importancia del indicador CPK consiste en lo siguiente:

- Permite valorar la capacidad real del proceso en condiciones de operación.
- Facilita la identificación de variaciones y la implementación de mejoras continuas**.**

Es un indicador clave en los sistemas de gestión de calidad (como ISO 9001 y Six

CAPITULO 3. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con el autor (Arana, 2023) en base a la investigación que realizo menciona que el concreto hidráulico se utiliza para crear elementos estructurales en las fábricas que determinan los factores que influyen en su calidad, desde el diseño de la mezcla hasta el procesamiento final. Los resultados obtenidos identifican las diferentes zonas de contacto a las que puede estar expuesto un elemento estructural durante un determinado tipo de obra, así como las características de cada zona y el impacto de estas condiciones en la calidad final y durabilidad del concreto. Al considerar las normas nacionales e internacionales dentro del marco regulatorio mexicano, existe falta de información ya que existen pocas normas o documentos de referencia que detallen las propiedades y parámetros para aceptar o rechazar el concreto que se utiliza en un determinado tipo de obra. Se identifican oportunidades de mejora relacionadas con las propiedades del hormigón utilizado para mejorar la calidad final del componente y con ello mejorar su durabilidad. (Arana, 2023)

El concreto hidráulico es el material más utilizado en la construcción. Desde su descubrimiento, este material ha sido desarrollado para facilitar la ingeniería civil; Su uso generalizado se debe a sus propiedades mecánicas, facilidad de producción y rentabilidad. El concreto hidráulico se compone principalmente de una mezcla de cemento Portland, agua y agregados. La función del agua es hidratar el cemento y las partículas de agregado para homogeneizar la mezcla y darle propiedades aglomerantes, mientras que los agregados finos y gruesos añaden volumen a la mezcla e influyen en sus propiedades básicas del concreto, como resistencia, densidad y durabilidad. Entre otras propiedades que son especialmente importantes para un uso correcto y eficaz. Las propiedades características del concreto hidráulico incluyen la resistencia a la compresión, que le da al concreto la capacidad de soportar cargas de compresión. El curado es el proceso mediante el cual el concreto hidráulico se mantiene a la humedad y temperatura requeridas hasta alcanzar la madurez y propiedades para las que fue diseñado. (Barragan, 2022)

Existen muchos métodos de prueba de control de calidad, tanto nacionales como internacionales. “Los resultados de las pruebas proporcionan información importante para tomar decisiones relacionadas con los ajustes de la mezcla”. Es importante realizar un diseño de control de calidad del proceso de fabricación del concreto hidráulico al inicio de la obra para que tengamos un nivel aceptable de confianza en los materiales utilizados, sabiendo que cumplen con los requisitos mínimos de calidad. (Hidalgo, 2019)

Una de las empresas que completó la NMX-C-155-ONNCCE es Cemex. Esta empresa es la encargada de determinar los aspectos generales y diferentes de la recolección de información para el control de calidad específico. Podemos aprender sobre los procedimientos de pruebas de control de calidad del concreto en las mejores plantas de Cemex en el mundo. Se realizó un análisis comparativo de los procesos. Se ha determinado qué procesos se pueden utilizar en la industria colombiana. Visita guiada a reglamentos y normas técnicas vigentes en Colombia; donde se especifican parámetros o estándares de calidad. Se establece que las pruebas determinan la resistencia y durabilidad del concreto, producto utilizado en la construcción y obras de ingeniería civil. (Durán-Plata O, 2018)

La aplicación de la metodología propuesta para el dimensionamiento y diseño de alcantarillados pluviales y sanitarios a través de secuencias de cálculo y mantenimiento ha llevado a la implementación de la NMX-C-155-ONNCCE, la cual tiene como objetivo incrementar la Confiabilidad en el adecuado entierro de tuberías en arcillas con baja resistencia a la compresión y gran deformación. Esto incluye evaluar los requisitos y datos básicos de diseño, la topografía y el diseño para desarrollar el diseño hidráulico. (Higuera Sandoval, 2024)

El autor (Tamani, 2023) realizo una investigación los procesos industriales de fabricación donde menciona que es de vital importancia contar con un control de variables continuas como la (temperatura, presión, resistencia, revenimientos, etc.) en las diferentes partes de la línea de producción del concreto hidráulico, siendo clave en el desempeño de cada subproceso el mantener en condiciones estándar las variables continúas involucradas en él.

La calidad del producto final refleja qué tan bien el proceso controla las variables continuas en las diferentes etapas que lo constituyen, cada lazo de control de las variables continúas consideradas debe diseñarse con cierta estrategia que permita, al trabajar en conjunto todos los sistemas de lazo cerrado, asegurar el desempeño del sistema total (Tamani, 2023).

En los procesos de producción es común utilizar un controlador industrial de procesos como instrumento que se encarga de controlar las variables analógicas involucradas en los procesos, también la mayoría de ellos ofrece una configuración del clásico controlador de componentes proporcional (P), integral (I) y derivativa (D) [1,2], mediante una determinada ley de control digital que no necesariamente el diseñador la conoce de antemano o el fabricante la ofrece (Tamani, 2023). Así, el personal responsable de planta para controlar las variables del proceso debe recurrir a la experiencia de los que conocen el proceso o al empirismo, con la finalidad de manejar sus procesos adecuadamente. (Tamani, 2023)

De acuerdo al autor (Osorio Pedraza, 2020) la resistencia a la compresión más alta lograda después de 14 días es 349 $kg/cm2$ y después de 28 días es 395 $kg/cm2$ para concreto con un contenido de nanosílice del 1,0%. La resistencia a la compresión más alta lograda después de remojar en agua salada durante 42 días es 374 $kg/cm2$ para concreto con un contenido de nanosílice del 1,0 %. De manera similar, el concreto con la mejor calidad después de 42 días de exposición a un ambiente corrosivo, basado en la menor pérdida de peso al 0.00486% de peso seco y el menor cambio en el pH, contenía 1.0% N. Finalmente, al concreto se le agregaron aditivos adicionales de nanosílice tiene una porosidad menor a los 42 días de 1,76% para el concreto al agregar 1,0% de nanosílice.

(Camargo Pérez, 2021) menciona que teniendo en cuenta que para los concretos hidráulicos el ensayo más representativo es el de resistencia a flexión para comprobar su módulo de rotura, el autor realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos, tomando en cuenta que se está evaluando el efecto que tiene modificar la composición del concreto (agua + cemento + agregado grueso + agregado fino) sustituyendo en 0%, 5%, 15% y 30% la cantidad de cemento, obtenida por altas temperaturas. El diseño hidráulico se verá influenciado con el tiempo por el análisis de asentamiento diferencial; teniendo esto en cuenta, se recomienda considerar el trabajo para establecer gradientes y geometría apropiada para las deformaciones

futuras anticipadas. Se analiza la durabilidad y capacidad de carga de las tuberías, y también se considera la durabilidad de tuberías rígidas y flexibles. Se analiza el análisis sísmico, el desplazamiento axial de la tubería y finalmente la flotación. (Cabrera, 2020)

CAPITULO 4. METODOLOGÍA

3.1 Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se aplicará la metodología correspondiente a la evaluación del Diseño e implementación de un sistema de control de calidad de materias primas y procesos de fabricación, con base ala norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE, con el propósito de identificar los problemas existentes en el área de control de calidad y proponer soluciones y mejoras orientadas al sistema de control de calidad dentro de la empresa "Concretos, Santa Clara S.A de C.V".

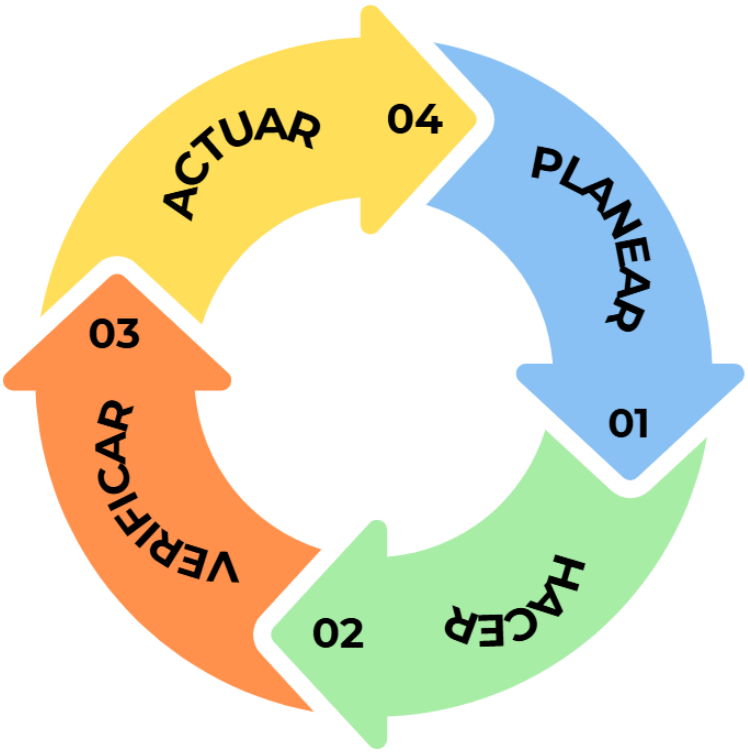


Figura 25. Metodología del proyecto

Fuente: (Elaboración propia)

3.2 Herramientas a utilizar

A continuación, se describe detalladamente las herramientas que se desarrollarán a lo largo de todas las etapas del presente proyecto.

3.2.1 Planear

En esta etapa se llevó a cabo un diagnóstico para determinar el nivel de cumplimiento de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE dentro del proceso de fabricación de concreto hidráulico, mediante el diseño y la diligencia de un Check List que permitirá evaluar de manera práctica y eficiente los factores involucrados en el proceso de elaboración del concreto hidráulico**.**

Tabla 20. Checklist para la evaluación del cumplimiento de la NMX-C-155 para el sistema de control de calidad

LARO CONCRETOS						CONSORCIO SANTACLARA
LISTA DE VERIFICACIÓN EN BASE ALA NMX-C-155-ONNCCE-CCE						
No.	**Requerimiento**	**Cumplimiento**		**Actividades a realizar**		**Observaciones**
		Cumple	**No cumple**	**Fecha de inicio**	**Fecha de finalización**	
1.Recepción y control de materias primas						
En esta etapa garantiza que los insumos utilizados cumplan con las exigencias técnicas establecidas por las normas aplicables y con las especificaciones del diseño de mezcla.						
1.1	**Cemento**					
1	¿El cemento cuenta con certificado de calidad vigente del proveedor?	x				El personal conoce la certificación y está informado sobre las toneladas procesadas, cumpliendo con los requisitos establecidos.
2						La empresa indica que el material se almacena correctamente en las marranas, las cuales permiten

	¿Se almacena en condiciones que evitan humedad y contaminación?	X				mantenerlo en condiciones que previenen la humedad y la contaminación. Sin embargo, será necesario verificar periódicamente el estado físico de las marranas y su ubicación para asegurar que continúen ofreciendo la protección adecuada.
3	¿Existe rotación adecuada del material (PEPS)?	X				El personal señala que sí se aplica el método PEPS para la rotación del material, asegurando que los insumos más antiguos se utilicen primero. No obstante, se recomienda verificar periódicamente el registro de entradas y salidas para garantizar que la rotación se mantenga de manera consistente.
1.2	**Agregados (arena y grava)**					
4	¿Se cuenta que los agregados cumplen con granulometría especificada?	X				Los agregados cumplen con la granulometría especificada, conforme a los parámetros establecidos dentro de a NMX-C-155 del concreto hidráulico. Sin embrago se recomienda mantener controles periódicos de muestreo y análisis para asegurar que esta se mantenga.
5	¿Se cuentra que los agregados están libres de contaminantes (orgánicos, arcillas, materiales indeseables)?	X				Se sugiere mantener un control constante mediante inspecciones visuales y muestreos periódicos para asegurar que las condiciones de limpieza y de calidad de los agregados se conserven durante la recepción y el almacenamiento.
6	¿Se cuenta con estantes de almacenamiento están separadas para evitar segregación y mezclas cruzadas?		**X**	01/11/2025	03/11/2025	No se cuenta con estantes de almacenamiento adecuadamente separados, lo cual incrementa el riesgo de segregación y mezclas cruzadas entre los materiales. Se recomienda implementar una organización física que permita

						una separación clara de los agregados y demás insumos, así como señalización visible que facilite su identificación y evite contaminación durante el manejo.
1.3	**Agua**					
7	¿El agua cumple con requisitos de potabilidad o calidad equivalente?	X				Se recomienda mantener controles periódicos mediante análisis físico–químicos para asegurar que la calidad del agua se conserve de manera continua.
8	¿Se tiene registro de pruebas químicas periódicas?	X				La empresa cuenta con registros de pruebas químicas realizadas de manera periódica por CEMEX, lo que permite verificar la calidad y estabilidad de los materiales utilizados en el proceso. Se recomienda mantener la documentación organizada y actualizada, así como asegurar que los análisis se efectúen conforme a la frecuencia establecida en la normativa aplicable.
1.4	**Aditivos**					
9	¿Los aditivos cuentan con ficha técnica y certificado del fabricante?	X				La empresa cuenta con las fichas técnicas y los certificados de fabricante de los aditivos utilizados, lo cual garantiza que cumplen con las especificaciones necesarias para su aplicación en el proceso de fabricación del concreto. Se sugiere mantener estos documentos actualizados y disponibles para su verificación.
10	¿Se almacenan según recomendaciones del proveedor?		**X**	01/11/2025	13/11/2025	No se están almacenando los aditivos según las recomendaciones del proveedor, lo que puede afectar sus propiedades y desempeño durante el proceso de fabricación del concreto. Se recomienda revisar las indicaciones proporcionadas por el

						fabricante y adecuar las condiciones de almacenamiento, incluyendo temperatura, ventilación, ubicación y protección contra contaminación, para garantizar su correcta conservación.
2. Dosificación y diseño de mezcla						
Etapa donde se decretan sus propiedades en estado fresco y endurecido. Un diseño adecuado garantiza que el concreto cumpla con las exigencias de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y desempeño estructural especificados para cada obra**.**						
11	¿Se cuenta con un diseño de mezcla autorizado conforme a la NMX-C-155-ONNCCE-CCE?	X				Cuentan con un diseño de mezcla autorizado conforme a la NMX-C-155-ONNCCE-CCE, lo que garantiza que la composición del concreto se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma. Se recomienda mantener la documentación actualizada y disponible para auditorías y verificaciones técnicas.
12	¿Se verifica la relación agua-cemento conforme a parámetros de diseño?	X				La empresa verifica la relación agua-cemento conforme a los parámetros establecidos en el diseño de mezcla, lo que permite asegurar la calidad, resistencia y trabajabilidad del concreto.
13	¿El equipo de dosificación está calibrado y con registro vigente?	x				El equipo de dosificación cuenta con calibración vigente**,** lo que garantiza la precisión en la medición de los materiales y contribuye a la estabilidad y uniformidad de la calidad del concreto producido. Se mantiene un programa establecido de calibración periódica, así como el control y resguardo de los registros

						correspondientes para asegurar la trazabilidad y el cumplimiento continuo de los requisitos de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014.
14	¿Se tiene establecido un programa de calibración realizado por el personal interno del laboratorio, que valide la correcta obtención de los resultados en el laboratorio?		**X**	01/11/2025	15/11/2025	No se cuenta con un programa de calibración establecido por el personal interno del laboratorio, lo cual puede comprometer la confiabilidad y exactitud de los resultados obtenidos en las pruebas. Se recomienda desarrollar e implementar un programa formal de calibración interna que incluya procedimientos, frecuencias y registros que aseguren la validez de los ensayos.
15	¿Se cuenta con el personal debidamente capacitado para llevar a cabo la verificación de los equipos de laboratorio?		**X**	01/11/2025	15/11/2025	No se cuenta con personal debidamente capacitado para llevar a cabo la verificación de los equipos de laboratorio, lo cual puede comprometer la precisión y validez de los resultados. Se recomienda implementar un programa de capacitación formal que permita desarrollar las competencias necesarias para la verificación y manejo adecuado de los equipos.
16	¿Se controla el contenido de humedad de los agregados antes de dosificar?	X				La empresa controla el contenido de humedad de los agregados antes de la dosificación, lo que permite ajustar las proporciones de agua y asegurar la exactitud del diseño de mezcla.
17	¿Se documenta cada lote producido?	x				La empresa documenta cada lote producido, lo que permite llevar un control adecuado de la trazabilidad, parámetros de fabricación y resultados obtenidos.
3. Mezclado						

Etapa esencial en la producción del concreto hidráulico, cuyo objetivo principal es lograr una distribución uniforme de los materiales que componen la mezcla: cemento, agregados, agua y aditivos.						
18	¿La olla de la mezcladora está limpia y en condiciones adecuadas de operación?	X				La olla de la mezcladora se encuentra limpia y en condiciones adecuadas de operación, lo que contribuye a evitar contaminaciones y asegurar la homogeneidad de la mezcla.
19	¿El dosificador respeta el tiempo de mezclado especificado en la norma?	X				El dosificador respeta el tiempo de mezclado establecido conforme a la norma, lo que garantiza una adecuada homogeneidad y calidad del concreto producido.
20	¿Se revisa la uniformidad de la mezcla?	X				La empresa revisa la uniformidad de la mezcla durante el proceso, asegurando que el concreto cumpla con las propiedades requeridas para su correcta aplicación.
21	¿Los operadores están capacitados en los procedimientos estandarizados?		**X**	01/11/2025	16/11/2025	Los operadores no cuentan con la capacitación adecuada en los procedimientos estandarizados, lo que puede generar variaciones en el proceso y afectar la calidad del concreto producido. Se recomienda implementar un programa de capacitación estructurado que asegure que el personal conozca y aplique correctamente los procedimientos establecidos.
4. Control de calidad en planta						
En esta etapa nos basamos en los procedimientos, verificaciones y registros destinados a asegurar que el concreto producido cumpla con las especificaciones del diseño de mezcla, con los requisitos						

normativos y con los estándares establecidos por el cliente o proyecto.						
4.1	**Pruebas al concreto fresco**					
22	¿Se realiza prueba de revenimiento (cono de Abrams) conforme a NMX-C-156?	X				La empresa realiza la prueba de revenimiento, lo que permite verificar la consistencia del concreto y asegurar que cumpla con los parámetros del diseño de mezcla.
23	¿Se toman muestras por lote según lo requerido?	X				Si se toma muestras por lote conforme a lo requerido, lo que permite verificar la calidad del concreto y asegurar la trazabilidad de la producción.
24	¿Se verifica la temperatura del concreto fresco?	X				La empresa verifica la temperatura del concreto fresco durante la producción, lo que permite asegurar que se mantenga dentro de los rangos establecidos para garantizar su trabajabilidad y resistencia.
25	¿Se controla el tiempo transcurrido entre mezclado y colado?	X				Si se controla el tiempo transcurrido entre el mezclado y el colado del concreto, asegurando que se mantenga dentro de los límites recomendados para garantizar la trabajabilidad y calidad del material.
4.2	**Pruebas al concreto endurecido**					
26	¿Se fabrican cilindros de prueba conforme a la norma?	X				Se fabrica los cilindros de prueba conforme a lo establecido en la normativa aplicable, asegurando que las muestras representen adecuadamente la calidad del concreto producido.
27	¿Se lleva control de curado y almacenamiento de especímenes?	x				Si se lleva un control adecuado del curado y almacenamiento de los especímenes, asegurando que las condiciones se mantengan dentro

						de los parámetros requeridos por la normativa.
28	¿Se realizan ensayes de resistencia a compresión según plazos normativos (7, 14, 28 días)?	X				Si se realizan los ensayes de resistencia a compresión, lo que permite evaluar adecuadamente el comportamiento del concreto y verificar que cumpla con las especificaciones del diseño de mezcla.
5. Documentación y trazabilidad						
Se tiene la información mínima necesaria para la realización de las actividades del laboratorio.						
29	¿Se documentan los resultados de cada prueba?	X				La empresa documenta los resultados de cada prueba realizada, lo que permite llevar un control adecuado del desempeño del concreto y mantener la trazabilidad del proceso.
30	¿Cada lote tiene trazabilidad completa (materias primas, mezclado, transporte, pruebas)?	X				Si se cuenta con trazabilidad completa por lote, integrando información sobre materias primas, proceso de mezclado, transporte y resultados de pruebas. Esto permite un control adecuado del proceso y facilita la identificación de cualquier desviación.
31	¿Se conservan registros conforme a lo requerido por la norma?	X				El personal si conserva los registros conforme a los requerimientos de la norma, asegurando la trazabilidad, control y disponibilidad de la información para auditorías o revisiones.
32	¿Se cuenta con la integración de una carpeta que consolida la normativa vigente relacionada a las pruebas de laboratorio y especificaciones requeridas en las actividades del laboratorio?	x				La empresa cuenta con una carpeta integrada que consolida la normativa vigente relacionada con las pruebas de laboratorio y las especificaciones aplicables a las actividades del laboratorio. Esto facilita la consulta del personal y

						asegura el cumplimiento de los requisitos establecidos.
33	¿La empresa cuenta con Formatos de verificación de acuerdo con los lineamientos que debe cumplir los equipos?	X				La empresa cuenta con formatos de verificación específicos alineados a los lineamientos establecidos para cada equipo**,** lo que permite llevar un control sistemático del estado, la calibración y el funcionamiento de los equipos críticos utilizados en el proceso de fabricación del concreto hidráulico.
34	¿Se cuenta con un manual de procedimientos en donde se describen las actividades descritas para cada una de las actividades del laboratorio?	X				La empresa cuenta con un manual de procedimientos completo y actualizado, en el cual se describen claramente las actividades correspondientes a cada una de las tareas del laboratorio. Este documento asegura la estandarización de los procesos, facilita la capacitación del personal y contribuye al cumplimiento de la norma.
35	¿La empresa cuenta con un manual de calidad en donde se detallan las actividades propias del laboratorio?	X				Si se cuenta con un manual de calidad donde se detallan las actividades propias del laboratorio. Este documento establece los lineamientos, responsabilidades y procedimientos necesarios para garantizar el control y aseguramiento de la calidad en cada etapa del proceso, alineándose con los requisitos de la NMX-C-155-ONNCCE-CCE.
36	¿Se cuenta con una serie de formatos en donde se asientan los resultados de laboratorio, para su debida presentación y entrega a los responsables del área de calidad y producción?	x				Se cuenta con una serie de formatos establecidos para registrar los resultados de laboratorio. Estos formatos permiten documentar de manera ordenada y estandarizada cada prueba realizada, asegurando su

						correcta presentación y entrega a los responsables de las áreas de calidad, producción y lineamientos de la NMX-C-155-ONNCCE-CCE.
6. Medidas correctivas y mejora continua						
En esta etapa constituyen elementos fundamentales dentro del sistema integral de control de calidad para la producción de concreto hidráulico. Su propósito es identificar, corregir y prevenir fallas en los procesos, garantizando que el producto final cumpla con los estándares normativos y las especificaciones del diseño de mezcla.						
37	¿Existe un procedimiento para actuar frente a no conformidades?	X				Este procedimiento define las acciones a seguir cuando algún proceso, material, equipo o resultado no cumple con los requisitos especificados.
38	¿Se aplican acciones correctivas oportunas?	X				La empresa aplica acciones correctivas de manera oportuna**,** atendiendo las no conformidades tan pronto como se identifican. Se observó que existe un seguimiento adecuado y registros que evidencian la implementación de medidas para evitar la recurrencia de los problemas, fortaleciendo así el sistema de control de calidad conforme a la normativa.
39	¿Se actualizan los procedimientos de calidad según los resultados obtenidos?		**X**	01/11/2025	30/11/2025	Se identificó que la empresa no actualiza los procedimientos de calidad con base en los resultados obtenidos durante las pruebas, inspecciones o auditorías internas. Esto ocasiona que los documentos vigentes no reflejen las necesidades reales del proceso ni las mejoras detectadas, lo que

						puede limitar la eficacia del sistema de gestión de calidad.
40	¿Se cuenta con un ingeniero que coordine y dirija las actividades del laboratorista(s), así mismo consolide e interprete los resultados de laboratorio y en base a ellos, se implementen las acciones de mejora y ahorro?	x				La empresa sí cuenta con un ingeniero responsable que coordina y dirige las actividades del personal de laboratorio. El Ing. Román Camacho es quien consolida e interpreta los resultados de las pruebas, y con base en ellos implementa acciones de mejora y optimización. Su participación garantiza una adecuada toma de decisiones técnicas y contribuye a la eficiencia del sistema de calidad.

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.2 Hacer

Como siguiente objetivo del proyecto, esta etapa consiste en identificar los problemas detectados en el Check list mediante la elaboración de un cronograma de actividades, el cual nos permitirá organizar y dar seguimiento a la implementación del sistema integral de control de calidad conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE en el proceso de la fabricación del concreto hidráulico.

PROYECTO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE FABRICACIÓN, CONFORME A LA NORMA NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 EN CONCRETOS LAR, SANTA CLARA

FECHA DE INICIO: 01/11/2025 FECHA DE FINALIZACIÓN: 30/11/2025

Etapa	Duración Días	NOVIEMBRE																			
		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Reorganizar el área de almacenamiento y colocar divisores/estantes para evitar segregación de agregados.	3 días 01/11/25 a 03/11/25	■	■	■																	
Reorganizar el almacén de aditivos y aplicar el método de almacenamiento conforme a fichas técnicas del proveedor.	2 semana 01/11/25 a 13/11/25	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Capacitación técnica del personal del laboratorio sobre verificación de equipos.	2 semanas 01/11/25 a 15/11/25						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Capacitación de operadores en procedimientos estandarizados de mezclado.	2 semanas 01/11/25 a 16/11/25											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Actualización de todos los procedimientos de calidad (concreto fresco, endurecido, recepción de materias primas, no conformidades).	1 semana 01/11/25 a 30/11/25																■	■	■	■	■

Figura 26. Cronograma de actividades propuestas

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.3 Verificar

En la tercera etapa del proyecto se llevó a cabo el análisis de la capacidad del proceso de fabricación del concreto hidráulico, considerando un total de 50 muestras representativas. Para este análisis se empleó el índice de capacidad del proceso (CPK), el cual permitió evaluar el grado de variabilidad del proceso y determinar si este se mantiene dentro de los límites de especificación establecidos conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE.

El estudio se apoyó en los registros mensuales de producción, considerando el número de viajes realizados y los rechazos obtenidos en las pruebas de calidad, datos que reflejan el comportamiento real del proceso a lo largo del año. El cálculo del CPK permitirá identificar el nivel de desempeño del proceso, así como detectar desviaciones que pudieran comprometer el cumplimiento de los requisitos normativos, proporcionando una base objetiva para la toma de decisiones y la implementación de acciones correctivas.

De manera complementaria, se utilizará una carta de control tipo np, herramienta estadística que permitió monitorear el número de unidades no conformes (rechazos) en cada periodo analizado. Esta carta facilitara la identificación de variaciones especiales dentro del proceso, evidenciando meses con incrementos significativos en los rechazos, lo que indica posibles fallas en la dosificación, el mezclado o el control de materias primas.

Mes	Viajes	Rechazos en prueba
Enero	45	3
Febrero	56	4
Marzo	60	8
Febrero	42	21
Abril	87	42
Mayo	66	8
Junio	33	10
Julio	21	2
Agosto	40	15
Septiembre	57	29
Noviembre	95	67
Diciembre	34	30

Tabla 21. Datos estadísticos

Fuente: (Elaboración propia)

3.2.4 Actuar

En esta etapa se va a desarrollar el diseño y la implementación de procedimientos de trabajo estandarizados que garanticen la calidad en el proceso de fabricación del concreto hidráulico de acuerdo a los resultados obtenidos por las herramientas anteriores.

El diseño y la implementación de procedimientos de trabajo estandarizados que garanticen la calidad en el proceso de fabricación del concreto hidráulico se hace con el fin de asegurar la calidad del concreto que se está utilizando en las construcciones. El diseño se detalla en los procedimientos, en los equipos y en la frecuencia con las que se llevan a cabo las inspecciones y pruebas del concreto hidráulico dentro de la empresa Concretos Santa Clara. Para el desarrollo de la actualización del diseño se realiza de acuerdo a los resultados obtenidos ya que esto va a permitir una disminución de los problemas de calidad del concreto hidráulico, que además nos servirá para ayudar a garantizar que cumpla con los requisitos de resistencia y otras características específicas del proyecto.

LARO CONCRETOS CONSORCIO SANTACLARA	**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS**	Documento No.: MPCRAMP - 01
	Lineamientos para dosificación mezclado y transporte, pruebas de laboratorio en concreto fresco	Hoja No. 73 de 30

a) Procedimiento para concreto fresco

1.1 Equipo

Obtención del contenido de agua en los agregados.

a) Bolsa de plástico para contener la muestra de agregado.

b) Pala metálica cuadrada.

c) Cucharon de capacidad adecuada.

d) Fuente de calor u horno, así como placas eléctricas y de gas.

e) Sartenes o charolas metálicas.

f) Espátula metálica de un tamaño adecuado para el manejo de la muestra dentro del recipiente.

g) Vidrio de aprox. 10 mm de espesor de tamaño adecuado al recipiente que contiene la muestra.

h) Balanza o báscula (digital o romana), precisa, legible y con sensibilidad de hasta 0,1 % de la carga de prueba en cualquier punto del rango de utilización.

i) Brocha.

1.2 Muestreo

a) Recipiente apropiado**,** con una capacidad mínima de 15 L, como cubeta, charola o carretilla, el cual debe ser impermeable, estar completamente limpio y no presentar características absorbentes.

b) Lámina o cubierta plástica con dimensiones suficientes para cubrir la muestra, con el fin de evitar su exposición al viento y a la radiación solar directa.

c) Cucharón fabricado con material impermeable y no absorbente, con una capacidad aproximada de 1 L, cuyo diseño permita minimizar la pérdida de material durante la manipulación.

d) Equipo básico de protección personal**,** que incluya casco de seguridad, lentes de protección, guantes impermeables y no absorbentes, botas de seguridad y faja.

1.3 Temperatura

Recipiente elaborado con material no absorbente**,** con dimensiones suficientes para asegurar un recubrimiento mínimo de aproximadamente 75 mm de concreto en todas las direcciones alrededor del sensor del equipo destinado a la medición de la temperatura.

Equipo para la medición de temperatura**,** con una resolución máxima de ±1,0 °C (±1,0 K), operable en un rango mínimo de 0 °C a 50 °C (273 K a 323 K). El dispositivo deberá permitir una inmersión parcial no menor a 75 mm y contar con calibración vigente, la cual deberá realizarse al menos una vez por año.

1.4 Revenimiento

El equipo utilizado consiste en un molde rígido, fabricado en metal u otro material que no presente absorción y que no sea afectado por la pasta de cemento. Dicho molde tiene la geometría de un cono

truncado, con un diámetro mayor de 20 cm, un diámetro menor de 10 cm y una altura total de 30 cm, dimensiones necesarias para garantizar la correcta ejecución del ensayo.

La base y la parte superior del molde se encuentran alineadas de manera paralela entre sí y forman un ángulo recto con respecto al eje longitudinal del cono. Para facilitar su manipulación durante la prueba, el molde cuenta con dos estribos que permiten apoyar los pies y dos asas laterales que permiten su levantamiento. La superficie interna es completamente lisa, sin remaches, irregularidades o protuberancias, y el cuerpo del cono no presenta deformaciones, abolladuras ni discontinuidades en su estructura.

De manera opcional, el molde puede incorporar abrazaderas o bridas en la parte inferior**,** las cuales permiten fijarlo a una base elaborada con material no absorbente. Este sistema de sujeción está diseñado para liberar el molde sin generar desplazamientos que alteren la muestra durante el procedimiento.

Finalmente, se considera aceptable una tolerancia dimensional máxima de ±3 mm en todas las medidas del equipo, sin que ello afecte la confiabilidad del ensayo.

1.5 Masa Unitaria

Para la realización del ensayo se utiliza una balanza o báscula**,** ya sea digital o mecánica, cuya resolución mínima sea de 50 g. Este equipo debe permitir una precisión equivalente al 0,3 % de la carga empleada durante la verificación, considerando tanto la masa del recipiente vacío como la del recipiente completamente lleno con agua, con el fin de determinar correctamente el factor del recipiente.

Asimismo, se emplea una varilla metálica de acero**,** con superficie lisa y sección circular, completamente recta, con un diámetro aproximado de 16 mm, aceptando una variación de ±1,5 mm, y una longitud cercana a los 600 mm, con una tolerancia de ±30 mm. Al menos uno de sus extremos presenta una terminación semiesférica del mismo diámetro, lo que facilita su uso durante el procedimiento.

El equipo también incluye un recipiente de medición**,** el cual debe ser de forma cilíndrica y estar fabricado con metal resistente que no reaccione ni sea afectado por la pasta de cemento. Este recipiente debe mantener estables sus dimensiones aún bajo condiciones normales de uso y, de preferencia, contar con dispositivos que faciliten su sujeción.

El borde superior debe ser completamente plano, condición que se comprueba cuando no es posible introducir una lámina de 0,5 mm entre dicho borde y la placa de verificación. La capacidad mínima del recipiente está relacionada con el tamaño máximo nominal del agregado del concreto, conforme a lo establecido en la tabla correspondiente, considerándose aceptable una variación de ±5 % respecto a su capacidad nominal.

Capacidad minima del recipiente recomendadas	
Tamaño máximo nominal del agregado grueso (t.m.n.a.)	Capacidad del recipiente (L)
25 mm	**5**
38 mm	**10**
50 mm	**14**
75 mm	**28**

Tabla 22. Capacidad mínima del recipiente recomendadas

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Para la ejecución del ensayo se utiliza un mazo o martillo provisto de una cabeza de neopreno y mango de madera. La masa del equipo se selecciona en función de la capacidad del recipiente empleado: aproximadamente 600 g**,** con una tolerancia de ±200 g, cuando se utilizan recipientes con una capacidad de 14 L o menor; y alrededor de 1 000 g**,** con una tolerancia de ±200 g, para recipientes cuya capacidad sea superior a 14 L.

Para el procedimiento se emplea una placa enrasadora**,** la cual puede estar fabricada de acero o vidrio, siempre que presente una superficie completamente plana y recta, con un espesor mínimo de 6 mm.

De manera alternativa, puede utilizarse una placa de acrílico con un espesor no menor a 12 mm. Las dimensiones de la placa deben exceder en al menos 50 mm el diámetro del recipiente, tanto en el ancho

como en el largo. Los bordes deben ser uniformes y lisos, permitiéndose una variación dimensional máxima de ±20 mm.

Asimismo, se utiliza una placa de verificación elaborada en vidrio, con un espesor mínimo de 6 mm y una longitud que supere en 50 mm el diámetro del recipiente sometido a comprobación, a fin de asegurar condiciones adecuadas durante la verificación.

a) Termómetro, de 0°C a 50°C con una división mínima de 1°C.
b) Recipiente no absorbente.
c) Franela o estopa.
d) Escoba o cepillo.
e) Cucharón.
f) Grasa.
g) Laminilla de un espesor de 0,5 mm.
h) Equipo de seguridad: Faja, botas, guantes de material no absorbente.

1.6 Elaboración de especímenes en obra y/o planta.

Se emplean moldes cilíndricos con dimensiones de 100 × 200 mm y/o 150 × 300 mm, fabricados en lámina metálica de espesor adecuado o en otro material rígido que no presente absorción. El plano definido por el borde superior del cilindro debe ser perpendicular a su eje longitudinal.

Las variaciones dimensionales no deben exceder el 1 % en diámetro y altura, y ningún diámetro nominal debe diferir de otro en más del 2 %. Estos moldes deben contar con un sistema que permita su correcta fijación a las bases, además de ser impermeables, no absorbentes, rígidos y encontrarse en condiciones limpias antes de su uso. Los moldes con dimensiones de 100 × 200 mm se utilizan únicamente para la elaboración de especímenes de concreto con tamaño máximo nominal de agregado de hasta 25 mm.

Asimismo, se utilizan moldes prismáticos para la fabricación de vigas, con sección transversal de 150 × 150 mm y una longitud mínima de 500 mm. Se acepta una tolerancia máxima de 3 mm en cualquiera de las dimensiones de la sección transversal, y la longitud no debe ser inferior en más de 1,5 mm a la

dimensión especificada, aunque puede excederla. Las superficies internas de estos moldes deben ser completamente lisas, libres de irregularidades y formar ángulos rectos entre sí.

Para la manipulación del material se dispone de carretilla y charola, elaboradas con materiales impermeables y no absorbentes, con capacidad suficiente para facilitar el remezclado homogéneo de la muestra de concreto sin pérdida de material.

Finalmente, se emplean varillas de acero de superficie lisa y sección circular**,** cuyo diámetro y longitud dependen del tipo de espécimen a fabricar. Puede utilizarse una varilla de 16 mm de diámetro con una longitud aproximada de 600 mm, o bien una de 10 mm de diámetro con una longitud cercana a los 300 mm, con una tolerancia de ±15 mm. En ambos casos, la varilla debe contar al menos con un extremo de terminación semiesférica para asegurar una adecuada compactación del concreto.

- Enrasador metálico,
- Cuchara de albañil u otra herramienta adecuada.
- Pala y/o cucharón.
- Mazo de hule con peso de 600 +- 20 gr.
- Bolsas de plástico y ligas.
- Equipo de seguridad; Botas, faja, guantes de hule.
- Termómetro de máximas y mínimas.

1.7 Elaboración de especímenes en laboratorio.

- Báscula con una aproximación 0,3 % de la carga de prueba en cualquier punto dentro del intervalo de uso.
- Mazo de hule de 0,4 kg a 0,8 kg para recipientes con capacidad menor o igual a 14 L y de 0,8 kg a 1,2 kg para recipientes con capacidad mayor de 14 L.
- Probetas graduadas.
- Cronometro.
- Revolvedora para concreto.

- Franela o protector de hule.
- Recipientes de plástico o metálicos (no absorbentes).
- Termómetro de máximas y mínimas.
- Equipo de seguridad; Botas, Faja, guantes de hule.

b) Desarrollo

2.1 Obtención del contenido de agua de los agregados.

El contenido de agua de los agregados se evalúa al menos una vez por día, considerando las condiciones ambientales presentes durante la jornada.

En caso de no presentarse variaciones significativas, es posible iniciar la producción utilizando como referencia los valores obtenidos el día anterior. Esta determinación se realiza para ajustar el diseño de mezcla, asegurando que las proporciones empleadas durante la producción del concreto sean las adecuadas.

Para llevar a cabo esta actividad, una vez realizada la homogeneización del material almacenado**,** se obtiene una muestra representativa del agregado mediante el uso de pala o cucharón, extrayendo material de distintos puntos del lugar de almacenamiento. La muestra recolectada se introduce inmediatamente en una bolsa de plástico, con el objetivo de evitar la pérdida de humedad durante su transporte al laboratorio para su análisis.

Una vez obtenida la muestra, se procede a remezclarla cuidadosamente para asegurar su uniformidad. Posteriormente, se selecciona una cantidad aproximada conforme a los valores establecidos en la tabla correspondiente y se determina su masa con una precisión del 0,1 %.

Durante este proceso se debe procurar, en la medida de lo posible**,** evitar cualquier pérdida de contenido de agua, a fin de no alterar los resultados del análisis.

Masa de la muestra del agregado normal.			
Tamaño nominal (mm)	Masa de la muestra (kg)	Tamaño nominal (mm)	Masa de la muestra (kg)
150	30	40	6
102	25	25	4
90	16	20	3
75	13	13	2
64	10	10	1,5
50	8	Agregado Fino	0,5

Tabla 23. Masa de la muestra del agregado normal

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Secar la muestra por completo dentro del recipiente utilizando la fuente de calor**,** procurando que no se pierdan partículas durante el proceso. Si la fuente de calor no permite un control preciso, es necesario mover la muestra de manera constante para evitar zonas de sobrecalentamiento. Se considerará que la muestra está totalmente seca cuando, al colocar una placa de vidrio sobre ella, esta no presente señales de humedad, vapor o empañamiento.

Permitir que la muestra se enfríe hasta alcanzar la temperatura ambiente y posteriormente registrar su masa**,** asegurando una precisión aproximada del 0.1 %.

Posteriormente se debe realizar el cálculo del porcentaje de humedad total aplicando la fórmula correspondiente.

$$\boldsymbol{H = (\frac{Mh - Ms}{Ms})}$$

Donde:

a) H.- Contenido total de contenido de agua de la muestra en %, con aproximación de 0,1 %.
b) Mh. - Masa de la muestra representativa húmeda en kg.

c) Ms. - Masa de la muestra seca y fría en kg.
d) Calcula y registrar el contenido de agua del agregado en el formato (XXXX) "Determinación del contenido de agua de agregados", colocando la rúbrica en el espacio correspondiente de la persona que realizó la prueba.
e) Después de obtener el dato, informar al Jefe de Planta el resultado de la misma para su ingreso en el sistema de dosificación, recabando su firma de enterado.

2.2. Muestreo

Al comenzar la jornada, y siempre que sea posible, se revisan los pedidos programados para ese día con el fin de definir cuáles serán muestreados. En ese momento, se registran en el formato correspondiente (XX) "Reporte de muestreo, programación y ensayo" todos los datos necesarios, justo cuando la carga está siendo preparada.

El intervalo máximo permitido entre la toma de la muestra y su utilización es de 15 minutos**,** considerando dentro de este tiempo los 5 minutos destinados a la prueba de revenimiento**.** Las pruebas de revenimiento y, en su caso, de aire incluido, deben comenzar dentro de los primeros 5 minutos posteriores al muestreo. Si se contempla la fabricación de vigas, el tiempo límite para la elaboración de los especímenes no debe exceder los 25 minutos.

Antes de tomar la muestra, es importante asegurarse de que la mezcla ya cuente con todos sus componentes incorporados, para el previo al muestreo, también se debe confirmar lo siguiente:

a. Si el muestreo se realiza en planta**,** es necesario permitir alrededor de 7 minutos de mezcla en la revolvedora antes de recolectar la muestra. Esto equivale a mantener la máquina entre 10 y 12 revoluciones por minuto en modo de mezclado.
b. Si el muestreo se hace en obra**,** la muestra debe obtenerse cuando se haya descargado entre el 15 % y el 85 % del contenido total. La recolección se realiza directamente durante la descarga del camión.

Humedecer previamente el equipo de muestreo, así como la charola o carretilla donde se recibirá el material, para la toma de muestra, se aplican los siguientes criterios:

a. Muestreo en planta: Debido a que seguir estrictamente el método indicado en la Norma NMX-C-161-ONNCCE vigente provocaría un desperdicio aproximado del 15 % del volumen producido, se opta por retirar una pequeña cantidad inicial de alrededor de 10 litros. Posteriormente, la muestra se obtiene interceptando por completo el flujo del concreto en el canalón. La cantidad recolectada debe ser mayor al volumen requerido para todas las pruebas programadas.
b. Muestreo en obra: La muestra se obtiene en tres o más porciones, capturando el flujo mientras el concreto se descarga (siempre que sea posible). La recolección debe hacerse después del 15 % y antes del 85 % del volumen total descargado, hasta contar con el material suficiente para todas las pruebas. El tiempo entre la primera y la última porción no debe superar los 15 minutos.

c. Muestreo en camiones de volteo o cajas cerradas con o sin agitadores (en planta). En este tipo de equipo, la muestra puede obtenerse directamente del concreto que se descarga. Se recolecta la cantidad necesaria y se coloca en una charola o carretilla que tenga la capacidad suficiente para contener el volumen total requerido.
d. Muestreo en pavimentadoras. En este caso, la recolección se realiza utilizando una pala, tomando material de al menos cinco puntos distribuidos de manera uniforme en toda el área del concreto descargado. Es fundamental evitar que el material se contamine con la base o sub-base y reducir al mínimo el tiempo de contacto con estas superficies.

Una vez obtenida la muestra, debe trasladarse al área donde se realizarán las pruebas**,** protegiéndola del sol, del viento y de cualquier condición que pueda acelerar la evaporación o contaminar el material. Antes de comenzar con cada determinación, se debe volver a mezclar la muestra para asegurar su homogeneidad.

2.3. Temperatura

Las pruebas deben realizarse en un lugar con condiciones ambientales controladas, evitando la exposición directa al sol y las corrientes de aire, de modo que la temperatura y el ambiente permanezcan estables. La medición de la temperatura del concreto fresco puede efectuarse directamente en el equipo de transporte o colocación, siempre que el sensor del termómetro quede rodeado por al menos 75 mm de concreto en todas las direcciones.

Cuando el equipo de transporte o colocación no se utilice como contenedor para medir la temperatura, será necesario obtener una muestra de concreto fresco conforme a lo indicado en la norma NMX-C-161-ONNCCE. Sin embargo, si la única finalidad es determinar la temperatura, se permite tomar una muestra de menor volumen y no es obligatorio que ésta sea una muestra compuesta.

La temperatura del concreto fresco debe medirse dentro de los primeros cinco minutos después de obtener la muestra. Únicamente en mezclas que incluyan agregados con un tamaño máximo nominal superior a 75 mm puede requerirse un tiempo mayor —hasta unos 20 minutos— para que la lectura del termómetro se estabilice.

Procedimiento para la medición:

a. Inserción del dispositivo: Coloque la parte sensible del termómetro o dispositivo de medición a una profundidad mínima de 75 mm dentro del concreto fresco. Con la mano, compacte suavemente el material alrededor del instrumento para evitar que la temperatura del ambiente influya en la lectura.
b. Tiempo de estabilización y registro: Mantenga el dispositivo sumergido al menos durante 2 minutos o hasta que la lectura permanezca estable, lo que normalmente se logra cuando la variación no supera los 0.5 °C en un minuto. Una vez estabilizada la medición, registre la temperatura en el formato correspondiente (XXXXX).

Criterios de precisión:

a. 3.1 Precisión individual: Para un mismo operador, la desviación estándar máxima permitida en este ensayo es de 0.3 °C. Además, dos lecturas realizadas por el mismo técnico no deben diferir entre sí por más de 0.8 °C.
b. 3.2 Precisión entre operadores: Cuando distintas personas realizan el ensayo, la desviación estándar máxima aceptable es de 0.7 °C. En este caso, dos resultados obtenidos por operadores distintos no deben presentar una diferencia mayor a 2.0 °C.

2.4 Revenimiento

El ensayo debe realizarse en un ambiente libre de condiciones climáticas que puedan contaminar el concreto. Todo el procedimiento, desde iniciar el llenado hasta retirar el molde, debe ejecutarse sin pausas y en un tiempo máximo de 2.5 minutos.

a. Obtener la muestra de concreto fresco conforme al punto 2.2 del procedimiento.
b. Humedecer previamente el interior del molde (cono truncado), la placa metálica, la varilla y el cucharón. Si la placa no está fija, debe colocarse sobre una superficie nivelada y sin vibraciones.
c. Colocar el molde sobre la placa**,** asegurando que el diámetro mayor quede apoyado directamente.
d. Sujetar firmemente el molde**,** colocando los pies en los estribos para evitar movimientos durante la prueba.
e. Llenar el primer tercio del molde, equivalente a unos 7 cm de altura, y compactar con 25 penetraciones uniformemente distribuidas en forma de espiral, trabajando desde los bordes hacia el centro sin golpear la base.
f. Agregar la segunda capa hasta alcanzar aproximadamente 15 cm y volver a compactar con 25 penetraciones, permitiendo que la varilla penetre ligeramente en la capa anterior.

e. Llenar la tercera capa sobrepasando el borde del molde y compactar nuevamente con 25 penetraciones, también entrando unos 2 cm en la capa previa. Si durante la compactación el

concreto baja de nivel, debe agregarse material extra para mantenerlo por encima del borde, pero no se permite añadir concreto después de finalizar la última compactación**.**

f. Nivelar la parte superior del molde utilizando un movimiento de rodamiento con la varilla. Después, retire cualquier exceso de concreto que haya quedado sobre la placa metálica.

g. Levantar el molde verticalmente, tomándolo por las asas y elevándolo de manera continua, sin inclinaciones ni giros. Esta operación debe realizarse en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos.

h. Si parte del concreto se desliza o cae hacia un costado durante el levantamiento, la prueba debe descartarse y repetirse con otra porción de la misma muestra.

i. Si dos intentos consecutivos muestran que el concreto vuelve a colapsarse hacia un lado, la prueba de revenimiento no es válida. Esto suele indicar falta de cohesión o plasticidad en la mezcla, conocida como apariencia “gravuda”. En tal caso, se debe aplicar el procedimiento XXXX “Ajuste y control de concreto no conforme”. Una vez corregida la mezcla, la prueba deberá repetirse.

j. Colocar el molde invertido (apoyándolo en su diámetro menor) junto a la mezcla sobre la placa. Luego, ubicar la varilla de manera horizontal sobre el borde mayor del molde, orientándola hacia la muestra.

k. Medir el revenimiento utilizando una cinta métrica. Para ello, determine la distancia entre la parte inferior de la varilla y el punto central más alto del concreto asentado.

l. Registrar el resultado en el formato correspondiente (XXXX), con una aproximación de 1 cm, tanto si la prueba se realiza en campo como en laboratorio.

m. Comparar el revenimiento obtenido con el valor especificado, con el propósito de verificar si la mezcla cumple con los requisitos establecidos.

Tolerancias permisibles de revenimiento	
Revenimiento nominal (mm)	Tolerancia (mm)
Menor que 50	+- 15
De 50 a 100	+- 25
Mayor de 100	+- 35

Tabla 24. Tolerancias permisibles de revenimiento

Fuente: (Obtenida de la empresa)

En situaciones donde el suministro se realice bajo condiciones especiales, será posible exceder las tolerancias previamente establecidas, siempre que el área de Control de Calidad lo autorice y documente. Esta autorización no debe interpretarse como la aceptación de un producto fuera de especificación. Si no se cumple con los requisitos, se deberá notificar al Jefe de Planta y/o al dosificador para que realice los ajustes correspondientes conforme al procedimiento XXXX "Ajuste y control de concreto no conforme".

2.5 Precisión

a. Precisión con un solo operador: Cuando una misma persona realiza la prueba de revenimiento, la desviación estándar máxima permitida es de 7 mm (1s). Además, dos resultados obtenidos por ese mismo operador no deben presentar una diferencia mayor a 20 mm (d2s).
b. Precisión entre varios operadores: Si el ensayo es realizado por diferentes operadores, la desviación estándar máxima aceptada es de 12.5 mm (1s). De igual manera, dos mediciones efectuadas por distintos técnicos no deben diferir entre sí en más de 35 mm (d2s).

2.6 Flujo de revenimiento (Extensibilidad)

a. Ejecutar previamente los pasos del 1 al 4 indicados en el apartado 2.4 correspondiente al ensayo de revenimiento.
b. Verter el concreto de la muestra dentro del cono de revenimiento utilizando el cucharón, llenándolo por completo sin realizar ningún tipo de varillado ni compactación.

c. Nivelar la parte superior del molde mediante un movimiento de rodamiento con la varilla y retirar cualquier exceso de mezcla que haya caído sobre la placa. La superficie donde se realice la prueba de extensibilidad debe ser rígida y contar con dimensiones suficientes para permitir que el concreto se expanda libremente; una placa de aproximadamente 90 × 90 cm es adecuada para este fin.
d. Elevar el cono verticalmente**,** sujetándolo por las asas y retirándolo en un intervalo de 3 ± 1 segundos, sin inclinaciones ni giros, y evitando cualquier interferencia con el flujo del concreto.
e. Permitir que la mezcla se extienda de manera natural**,** sin generar vibraciones o movimientos sobre la placa metálica.
f. Sin hacer contacto con la placa ni con el concreto, se mide primero el diámetro de mayor extensión del flujo (d1). Posteriormente, se toma una segunda medición correspondiente al diámetro perpendicular a la primera (d2), igualmente sin tocar la superficie del concreto. Con ambas mediciones registradas, se obtiene el promedio entre d1 y d2 para determinar la extensión final del flujo.

$$\textbf{Flujo de revenimiento} = \frac{(\mathbf{d1} + \mathbf{d2})}{\mathbf{2}}$$

2.7 Determinación de la masa unitaria, contenido de aire y cálculo del rendimiento

El contenido de aire mediante este método solo puede medirse si el concreto contiene aditivos que incorporen aire. En los concretos autocompactables, no debe realizarse el varillado; en su lugar, únicamente se aplican ligeros golpes con un mazo de hule al recipiente. El procedimiento consiste en:

1. Tomar la muestra de concreto fresco según lo indicado en la norma.
2. Mezclarla bien utilizando una pala o cucharón previamente humedecido.
3. Llenar el recipiente cilíndrico en tres capas de igual volumen y compactar cada una. Se realizan 25 golpes con la varilla en recipientes de hasta 14 litros, y 50 golpes en recipientes de 28 litros.
4. Se debe compactar la primera capa introduciendo la varilla a lo largo de todo su espesor, procurando no golpear el fondo del recipiente. Si accidentalmente se toca el fondo, se debe evitar

ejercer demasiada fuerza. Las penetraciones deben distribuirse de manera uniforme en toda la capa.

5. Para la segunda y tercera capa, la varilla debe penetrar aproximadamente 20 mm dentro de la capa inferior. En recipientes de 14 litros o menos, si el concreto de la última capa desciende por debajo del borde durante la compactación, se debe añadir material extra alrededor de la décima o vigésima penetración para mantener el nivel por encima del borde. En recipientes mayores a 14 litros, este ajuste se realiza alrededor de la vigésima o trigésima penetración, agregando concreto adicional para conservar siempre el nivel adecuado.
6. Después de compactar cada capa, se deben dar golpes ligeros con el mazo alrededor del recipiente para eliminar aire atrapado y oquedades. Esto debe hacerse solo hasta que el agregado grueso deje de notarse en la superficie; golpear de más puede causar segregación.

- Al finalizar la compactación, el recipiente debe quedar con la cantidad exacta de concreto, ligeramente sobresaliendo unos 3 mm del borde. Si falta concreto, se agrega un poco para completar; si sobra demasiado, debe retirarse inmediatamente antes de enrasar.

7. La superficie del concreto se alisa con la placa enrasadora hasta dejarla al nivel del borde. El enrasado se hace aplicando presión y moviendo la placa en forma de sierra cubriendo dos tercios de la superficie, luego regresando para completar el área total. La lechada excedente en los bordes se usa para llenar pequeñas cavidades. Finalmente, se realizan los últimos pases inclinando el canto de la placa hasta conseguir una superficie lisa, uniforme y con un brillo húmedo.
8. Limpiar el concreto sobrante adherido al exterior del recipiente.
9. Verificar que la báscula esté en cero, correctamente nivelada y sin presencia de corrientes de aire.
10. Colocar el recipiente sobre la báscula, registrar la masa obtenida en el formato correspondiente del reporte de ensaye.
11. Realizar el cálculo de la masa unitaria y el rendimiento según lo indicado en el procedimiento.

$$\mathbf{Mu = (MCC \times T) \times F}$$

Donde:

Mu = Masa unitaria del concreto en (kg/m3).

MCC = Masa de la cubeta con concreto (kg).

T = Tara de la olla (kg).

F = Factor del recipiente (1/m3).

$$\mathbf{R} = \frac{(\mathbf{MTM})}{\mathbf{Mu}}$$

Donde:

- **R** = Rendimiento (m3)
- **MTM** = Masa real total de materiales (kg).
- **Mu** = Masa unitaria (kg/m3).

12. Cuando se requiera determinar el contenido de aire, se realiza el cálculo, de acuerdo a lo siguiente:

$$\mathbf{A} = \frac{\mathbf{Mt} - \mathbf{Mu}) * \mathbf{100}}{\mathbf{Mt}}$$

O bien:

$$\mathbf{A} = \frac{\mathbf{VR} - \mathbf{Va}) * \mathbf{100}}{\mathbf{VR}}$$

Donde:

- **A** = Contenido de aire en el concreto (porcentaje de vacíos) en %.
- **Mt** = Masa teórica del concreto, considerándolo libre de aire en kg/m3.
- **Mu** = Masa unitaria del concreto obtenido por revoltura en (kg/m3).
- **VR** = Volumen real del concreto obtenido por revoltura, en m3.
- **Va** = Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la revoltura, en m3.

13. Registrar los resultados en el formato XXXX.

a. Masa unitaria con aproximación de 1,0 kg/m3.
b. El rendimiento volumétrico con aproximación de 0,01 m3.

c. Contenido de aire con aproximación de 0,1 %.

Si en una semana tres pruebas de rendimiento volumétrico resultan fuera de la tolerancia de ±1 %, se deberá notificar de inmediato al área de Control de Calidad para que realice los ajustes necesarios en las proporciones de materiales por metro cúbico.

1. Precisión

a. Precisión con un solo operador: La desviación estándar permitida para un operador al realizar la prueba de masa unitaria es de 10.4 kg/m³**.** Además, los resultados de dos mediciones hechas por la misma persona no deben diferir entre sí más de 29.6 kg/m³**.**
b. Precisión entre varios operadores: Cuando la prueba es realizada por distintos operadores, la desviación estándar máxima aceptada es de 13.1 kg/m³, y la diferencia entre dos resultados obtenidos por diferentes operadores no debe superar 37.0 kg/m³**.**

Donde:

a. **1s:** desviación estándar.
b. **d2s:** diferencia máxima permitida entre dos resultados.

2.8 Elaboración y curado en obra y/o en planta de especímenes de concreto

a. Aplicar una ligera capa de aceite a los moldes, siempre que no exista riesgo de que se filtre la lechada. Si se detecta alguna posible fuga, se deberá sellar con parafina u otro material adecuado.
b. Colocar los moldes sobre una superficie firme, nivelada, estable y libre de vibraciones, donde permanecerán hasta su traslado. En obra, debe acondicionarse un espacio protegido del clima y sin movimientos que puedan afectar el concreto.
c. Tomar la muestra de concreto fresco conforme a lo indicado en el apartado 2.2 de este procedimiento y mezclarla nuevamente antes de su colocación.

d. Considerar el tipo de especímenes que se elaborarán, para dar inicio a su moldeo de la siguiente manera:

4.1.- Moldes cilíndricos 150 x 300 mm.

Al momento de llenar los moldes, utilizo el cucharón para colocar el concreto en tres capas de volumen similar**.** Mientras lo voy vaciando, muevo el cucharón alrededor del borde del molde para que la mezcla se distribuya de forma pareja. Antes de compactar, acomodo el concreto con la varilla para asegurar que quede bien repartido. Cada capa se compacta realizando 25 penetraciones verticales con el extremo redondeado de la varilla, avanzando en forma de espiral desde las paredes hacia el centro, procurando no tocar el molde. En la segunda y tercera capa, la varilla debe entrar aproximadamente **2 cm** en la capa anterior para asegurar la unión entre ambas.

Al colocar la última capa, es necesario agregar un poco más de concreto para que sobrepase ligeramente el borde, de manera que, después de compactar, el molde quede completamente lleno. Cuando termino de compactar cada capa, doy unos golpes suaves con el mazo de hule en los costados del molde para ayudar a eliminar huecos o vacíos que hayan quedado. En el caso de los concretos autocompactables**,** los especímenes cilíndricos se elaboran llenando el molde en una sola etapa**,** sin realizar varillado; únicamente se aplican ligeros golpes laterales con el mazo de hule para favorecer el asentamiento de la mezcla.

4.2. Vigas rectangulares.

El molde se llena con concreto utilizando el cucharón, colocándolo en dos capas**,** cada una con aproximadamente la mitad del volumen total. Mientras se vacía la mezcla, se procura que quede repartida de manera uniforme. Cada capa se compacta realizando la cantidad de penetraciones con la varilla (usando su extremo semiesférico) que corresponda al tamaño del espécimen; por ejemplo, una viga de 500 mm requiere 75 penetraciones por capa**,** mientras que una de 600 mm necesita 90 penetraciones**.**

En la segunda capa, la varilla debe entrar alrededor de 10 mm en la capa anterior para asegurar la integración. Después del varillado, se introduce y retira varias veces la cuchara de albañil entre el

concreto y las paredes del molde para ayudar a eliminar posibles huecos. Posteriormente, se dan golpes suaves con el mazo de hule en los costados del molde hasta que el agregado grueso deje de verse en la superficie.

Una vez compactado, el espécimen se enrasa de inmediato utilizando el enrasador, procurando hacerlo con el menor número de pasadas para obtener una superficie pareja, nivelada con los bordes del molde y sin hundimientos ni protuberancias mayores a 3 mm. Es importante que los especímenes se moldeen justo después de obtener y mezclar la muestra, en un tiempo máximo de 15 minutos**.**

Los moldes se cubren inmediatamente después del llenado, ya sea con su tapa metálica o con una bolsa de plástico para evitar la pérdida de humedad.

a. Se registra toda la información del muestreo en el formato XXXX correspondiente.
b. Durante las primeras 24 horas posteriores al moldeado, los especímenes deben mantenerse en un ambiente controlado, con una temperatura entre **16 °C y 27 °C**, y protegidos para evitar que pierdan humedad.
c. Los especímenes se identifican siguiendo lo establecido en el procedimiento XXXX “Concreto endurecido”.
d. Una vez desmoldados (cuando aplique), identificados y colocados en su área de resguardo, los especímenes deben permanecer cubiertos con una jerga húmeda hasta que sean trasladados al laboratorio. Los especímenes que se fabriquen directamente en laboratorio deben colocarse en las piletas o en el cuarto de curado.
e. Para el traslado de los especímenes, se debe seguir lo indicado en el procedimiento XXXX para Concreto Endurecido.

2.9 Elaboración de especímenes en laboratorio

Antes de realizar cualquier prueba, se debe registrar la temperatura del ambiente en el lugar donde se llevan a cabo los ensayos, ya que esta lectura forma parte del control del proceso.

a. Recepción de materias primas.

Cemento: Debe utilizarse cemento reciente; si no es posible, se debe mezclar muy bien y almacenarlo en un sitio seco. Además, es necesario retirar los grumos pasándolo por la malla 0.85 mm (#20) o 0.60 mm (#30).

Agregados:

- El agregado grueso debe clasificarse según su tamaño máximo nominal y almacenarse adecuadamente.
- El agregado fino se pasa por la malla No. 4, se homogeniza y también se almacena.

Una vez preparados los agregados como se indica, se toma una muestra representativa de cada uno, siguiendo el procedimiento XXXX "Agregados, pruebas básicas". A estas muestras se les determina el contenido de humedad para poder realizar las correcciones necesarias en el diseño de la mezcla.

b. Mezclado de concreto.

Con el diseño de mezcla definido, se procede a pesar cada uno de los materiales según las cantidades indicadas en el formato XXXX. La preparación del concreto puede hacerse de forma mecánica, manual o utilizando cualquier método adecuado según el volumen requerido. Sin embargo, el mezclado manual no es recomendable cuando se trate de concretos con aire incluido, mezclas con revenimiento cero o volúmenes superiores a 7 litros.

c. Mezclado mecánico.

2.1.1 Antes de iniciar, la revolvedora debe prepararse aplicando una pequeña cantidad de mortero, aproximadamente el 10 % de la mezcla total, para evitar que los materiales se adhieran y garantizar un mezclado uniforme.

2.1.2 Después, se coloca en la revolvedora el agregado grueso junto con una parte del agua y la solución de aditivos. Se deja girar unos momentos y luego se incorpora la arena. En caso de utilizar aditivos adicionales, deben añadirse conforme a las indicaciones del proveedor.

2.1.3 Una vez integrados estos materiales, se agrega el cemento con la revolvedora inclinada hacia arriba. Se continúa mezclando y se añade gradualmente el resto del agua, iniciando el cronómetro en cuanto se completa la adición de agua.

2.1.4 El concreto debe mezclarse durante tres minutos después de haber incorporado todos los componentes.

2.1.5 Luego se deja reposar la mezcla durante tres minutos, cubriendo la boca de la revolvedora con un trapo húmedo o un protector de hule para evitar la evaporación del agua.

2.1.6 Para finalizar, se mezcla durante dos minutos más. Siempre que el concreto no se esté mezclando ni muestreando, debe mantenerse cubierto con un paño húmedo para conservar su humedad.

2.1.7. Se incorpora el agregado grueso a la mezcla y se revuelve hasta que quede distribuido de manera uniforme.

2.1.8. Luego se agrega el agua y se continúa mezclando, ya sea con un cucharón o con las manos usando guantes, hasta obtener un concreto uniforme y con la consistencia requerida.

Determinar las propiedades del concreto en estado fresco que sean requeridas, de acuerdo al procedimiento aplicable, los cuales pueden ser los siguientes:

- Muestreo.
- Revenimiento y/o extensibilidad.
- Contenido de aire.
- Tiempos de fraguado.
- Elaboración de especímenes de concreto.
- Masa unitaria y rendimiento.
- Temperatura.

Para el ambiente de curado, todos los especímenes deben ser curados en humedad, a temperatura de 23°C +- 2°C con una humedad relativa de 95 % mínima hasta el momento de su prueba, de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de concreto endurecido XXXX.

a. Liberación del producto en estado fresco.

1. Al finalizar las pruebas del concreto en estado fresco, se debe limpiar todo el equipo utilizado. Si se considera conveniente, el concreto puede emplearse nuevamente en pruebas posteriores, siempre que se realice un remezclado completo de la muestra.
2. Una vez terminado el muestreo, el concreto fresco se libera siempre que cumpla con los parámetros establecidos en el Plan de Calidad. Para ello, se debe firmar en el apartado "A.R.L. (Autoridad Responsable de Liberación) Concreto Fresco", confirmando la veracidad de la información registrada y el estado de inspección. La liberación puede ser realizada por cualquier persona autorizada dentro del procedimiento.
3. Si el concreto fue objeto de algún ajuste, este debe registrarse en el apartado de observaciones del formato XXXX "Reporte de muestreo, programación y ensayo", indicando claramente las modificaciones realizadas y anotando las adiciones de materiales junto a las cargas reales correspondientes.

Y por último dentro de esta etapa del proyecto se evaluará el plan de acción a través de auditorías internas, con el fin de verificar su efectividad y determinar el grado de cumplimiento de la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014 en el sistema integral de control de calidad.

Auditoria para la empresa Concretos Santa Clara S.A de C.V en Sistema Integral de Control de Calidad NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

1.1 Evaluación por Proceso

Datos de la Auditoría	
Fecha de auditoría	
Planta / Área auditada	
Auditor líder	
Personal auditado	
Objetivo de la auditoría	Verificar el cumplimiento del sistema integral de control de calidad en el proceso de fabricación del concreto hidráulico.
Norma de referencia	NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

Proceso evaluado	Evidencia revisada	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Liberación en la recepción de materias primas (procedimiento)			
Dosificación manual o automática (como se lleva el control que asegure la medición correcta de cantidades)			
Mezclado (se lleva registro de tiempos, se conoce el tiempo que menciona la norma)			
Control de concreto fresco (capacitaciones, instructivos, procedimientos, personal técnico)			
Elaboración de especímenes (capacitación, plan de calidad, instrucción de trabajo)			

Ensayes del concreto endurecido (capacitación, plan de calidad, instrucción de trabajo)			
Trazabilidad documental (resguardo de la información, doc. Firmados)			
Aplicación de POE			

2. Lista de Verificación para Auditoría Interna (NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014)

Lista de verificación para evaluación del Sistema Integral de Control de Calidad – NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

No.	Requerimiento	Cumplimiento		Seguimiento y desviación
		Cumple	No cumple	
1.1 Recepción de materias primas				
1	¿El cemento cuenta con certificado vigente?			
2	¿El concreto hidráulico cumple con las características y especificaciones descritas en la NMX-C-414-ONNCCE?			
3	¿Los agregados cumplen con las especificaciones descritas a la NMX-C-111-ONNCCE?			
4	¿Los agregados cumplen con granulometría y están libres de contaminantes externos?			
5	¿Se registran humedad y condiciones de almacenamiento?			
6	¿Los aditivos se almacenan según la ficha técnica?			
7	¿Existen registro actualizado de proveedores aprobados?			
1.2 Dosificación				
8	¿Las básculas están calibradas y con sello vigente?			

9	¿La humedad de agregados se actualiza diariamente?			
10	¿Se utiliza el diseño de mezcla autorizado?			
11	¿Se generan registros por lote?			
12	¿El agua de lavado del interior de las mezcladoras las verifican semanalmente por un periodo de un mes?			
1.3 Mezclado				
13	¿Las ollas se encuentra limpias y en buen estado?			
14	¿El tiempo de mezclado es conforme al POE?			
15	¿El operador está capacitado?			
16	¿El agua de mezclado cumple con las especificaciones de acuerdo a la NMX-C-122-ONNCCE?			
17	¿El agua de dudosa calidad la aceptan si cumple con los criterios de la NMX-C-122-ONNCE?			
18	¿La mezcladora cumple con girar 30 revoluciones adicionales como mínimo a la velocidad del mezclado?			
19	¿El camión revolvedor cumple con sus 2 rev/min a 6rev/minutos de velocidad?			
1.4 Concreto fresco				
20	¿Se realiza prueba de revenimiento conforme a la NMX-C-156- ONNCE?			
21	¿El revenimiento nominal del concreto no excede de los 10cm?			
22	¿El revenimiento se encuentra dentro de los valores permisibles dentro de los primeros 30 minutos medidos a partir desde que llega a la obra?			
23	¿Se toma la temperatura del concreto fresco en cada olla a liberar a obra?			
24	¿La temperatura máxima del concreto hidráulico no excede de 32°C?			
25	¿En climas cálidos la temperatura del concreto hidráulico no excede de los 38°C			

26	¿Se elabora cilindros, cubos según la NMX-C-083-ONNCE?			
27	¿Los registros son completos y legibles?			
1.5 Concreto endurecido				
28	¿Los especímenes se curan correctamente?			
29	¿Los ensayes se realizan a 7, 14, y 28 días?			
30	¿Los resultados se comparan contra la resistencia especificada?			
1.6 Trazabilidad documental				
31	¿Cada lote cuenta con ficha completa de producción?			
32	¿Los registros se almacenan y resguardan adecuadamente?			
1.7 Acciones correctivas				
34	¿Existen procedimientos formales para gestionar no conformidades?			
35	¿Se cierran las acciones dentro del plazo definido?			
36	¿Cuándo el usuario requiere una consideración diferentes alas tolerancias de aceptación del revenimiento en obra, estas se acuerdan previamente con el productor?			

CAPITULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIONES DE RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen y analizan los resultados obtenidos a partir del desarrollo e implementación del Sistema Integral de Control de Calidad en la empresa Concretos LAR S.A. de C.V., ubicada en Tuxpan, Veracruz. Dichos resultados se fundamentan en la evaluación de los procesos de recepción de materias primas, producción y control del concreto hidráulico, tomando como referencia los lineamientos establecidos en la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014.

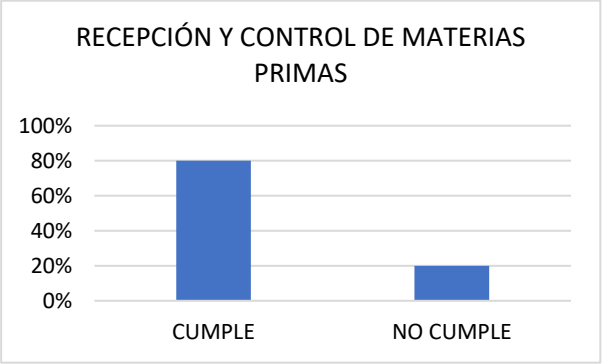
A través de la aplicación de instrumentos como listas de verificación, análisis de cumplimiento y seguimiento de actividades, se identificó el nivel de conformidad de la empresa respecto a la norma, así como las fortalezas y áreas de oportunidad existentes en su sistema de calidad. La información presentada permite visualizar de manera clara el impacto del sistema implementado, aportando elementos objetivos para la toma de decisiones y la mejora continua de los procesos productivos para la empresa Concretos LAR.

4.1 Lista de verificación (Checklist)

Después de haber realizado la aplicación del Checklist del Sistema Integral de Control de Calidad, con base en la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, se identificó que la empresa presenta un nivel de cumplimiento general del 85 % respecto a los requisitos evaluados, mientras que el 15 % restante corresponde a actividades que no cumplen totalmente con lo establecido en la normativa.

A continuación, se presentan las gráficas de barras correspondientes a los seis aspectos evaluados, en las cuales se visualiza el porcentaje de cumplimiento y no cumplimiento obtenido en cada uno de ellos.

1. Recepción y control de materias primas



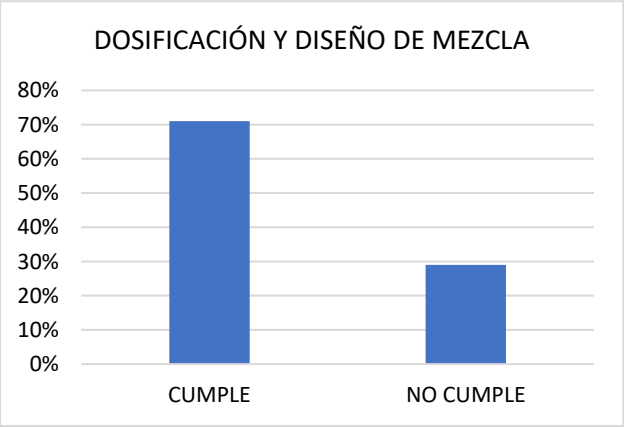
Gráfica 1. Recepción y control de materias primas

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el área de recepción y control de materias primas cumple el 80 %, lo que indica que la empresa cuenta con los controles adecuados en aspectos de certificación del cemento, rotación de materiales, calidad del agua y documentación técnica de los aditivos.

Sin embargo, el 20 % restante se debe al no cumplimiento relacionado principalmente con la organización y separación de los agregados dentro de la empresa, y las condiciones de almacenamiento en que almacenan los aditivos.

2. Dosificación y diseño de mezcla

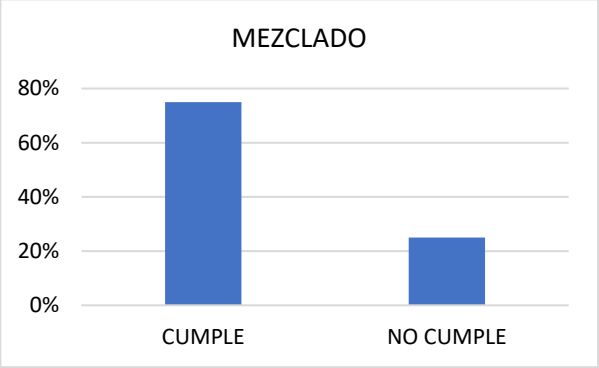


Gráfica 2. Dosificación y diseño de mezcla

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el área de dosificación y diseño de mezcla cumple en un 71 %, lo cual refleja que la empresa cuenta con un diseño de mezcla autorizado, controla la relación agua-cemento y documenta los lotes producidos. No obstante, el 29 % de no cumplimiento señala deficiencias en la capacitación del personal del laboratorio y en la implementación de un programa interno de calibración.

3. Mezclado

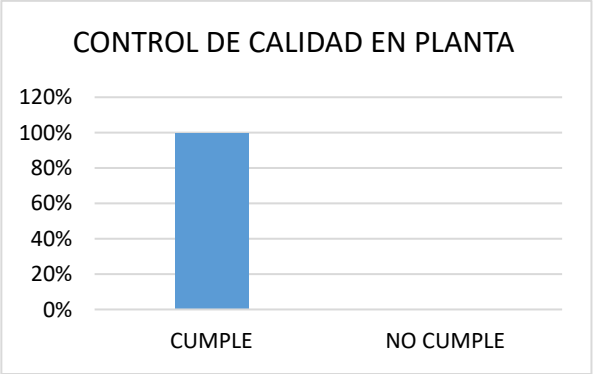


Gráfica 3. Mezclado

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el proceso de mezclado presenta un 75 % de cumplimiento, en operación de la mezcladora, el tiempo de mezclado y la uniformidad de la mezcla conforme a lo establecido en la norma. Sin embargo, el 25 % de no cumplimiento está relacionado con la falta de capacitación del personal operativo.

4. Control de calidad en planta

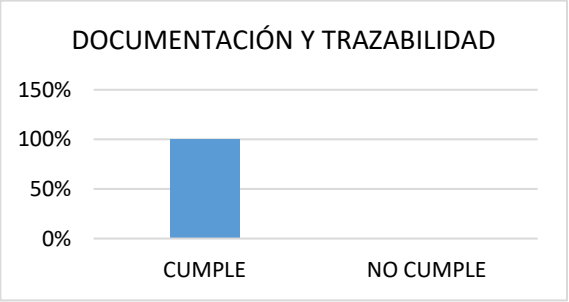


Gráfica 4. Control de calidad en planta

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica se cumple en un 100 % las pruebas al concreto fresco y endurecido, incluyendo revenimiento, muestreo por lote, control de temperatura, fabricación de cilindros y ensayes de resistencia.

5. Documentación y trazabilidad

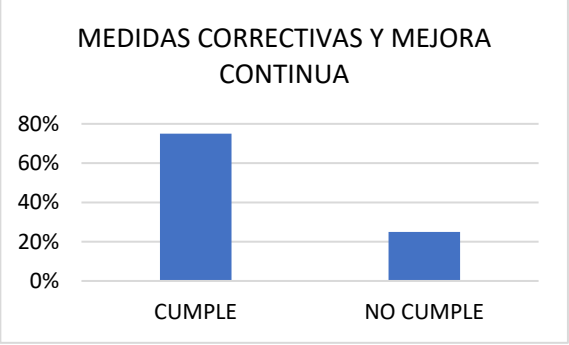


Gráfica 5. Documentación y trazabilidad

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el área de documentación y trazabilidad alcanza un 100% de cumplimiento, lo cual indica que la empresa mantiene registros completos, manuales de procedimientos y calidad, así como una correcta integración de la normativa vigente.

6. Medidas correctivas y mejora continua



Gráfica 6. Medidas correctivas y mejora continua

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el área de medidas correctivas y mejora continua cumple un 75%, lo que demuestra que la empresa cuenta con procedimientos para atender no

conformidades, aplica acciones correctivas y dispone de un responsable técnico que coordina las actividades del laboratorio. Sin embargo, el 25 % de no cumplimiento corresponde a la falta de actualización de los procedimientos de calidad, lo cual limita la retroalimentación del sistema y reduce su efectividad a largo plazo.

4.2 Organizar y dar seguimiento a la implementación del sistema integral de control de calidad conforme a la NMX-C-155-ONNCCE-CCE en el proceso de la fabricación del concreto hidráulico.

Con base en el cronograma de actividades establecido para el proyecto de Diseño e Implementación del Sistema Integral de Control de Calidad, conforme a la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, durante el periodo comprendido del 01 al 30 de noviembre de 2025, se ejecutaron y concluyeron las acciones programadas para la empresa Concretos LAR S.A. de C.V., obteniendo los siguientes resultados.

En primer término, durante la primera semana de implementación, se llevó a cabo la reorganización del área de almacenamiento, colocando divisores y estantes que permitieron una separación adecuada de los materiales, con el objetivo de evitar la segregación y las mezclas cruzadas de los agregados.
Esta actividad permitió mejorar el control físico de los insumos y reducir riesgos que pudieran afectar la calidad del concreto hidráulico en un 100%.

Figura 27. Colocación de estantes en Recepción de materias primas

Fuente: (Obtenida de la empresa)

De manera paralela y conforme al cronograma, se realizó la reorganización del almacén de aditivos, actividad desarrollada a lo largo de las dos primeras semanas del proyecto, asegurando su correcto almacenamiento de acuerdo con las fichas técnicas y recomendaciones del proveedor. Como resultado, se garantizó la conservación de las propiedades de los aditivos y su correcta aplicación dentro del proceso de fabricación.

Figura 28. Almacén de aditivos por ficha técnica

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Posteriormente, durante la segunda y tercera semana, se efectuó la capacitación técnica del personal del laboratorio, enfocada en la verificación y calibración de los equipos utilizados en cada una de las pruebas, lo que permitió fortalecer la confiabilidad de los resultados obtenidos y asegurar el cumplimiento de los requisitos normativos.

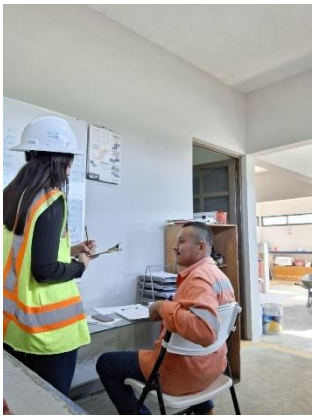


Figura 29. Capacitación al personal de laboratorio

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Asimismo, en la tercera y cuarta semana del proyecto, se capacitó a los operadores involucrados en el proceso productivo, específicamente en los procedimientos estandarizados de mezclado, asegurando la correcta aplicación de las instrucciones de trabajo y la uniformidad en la elaboración del concreto hidráulico.

Figura 30. Capacitación de operadores en proceso productivo

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Figura 31. Capacitación bajo procedimientos estandarizados

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Finalmente, durante la última semana del periodo de implementación, se llevó a cabo la actualización de todos los procedimientos de calidad, incluyendo los relacionados con el

concreto fresco, concreto endurecido, recepción de materias primas y atención a no conformidades, integrando las mejoras detectadas durante la auditoría y alineando la documentación a las condiciones reales del proceso.

Figura 32. Actualización de procedimientos

Fuente: (Obtenida de la empresa)

En conjunto, las actividades ejecutadas conforme al cronograma permitieron organizar, fortalecer y dar seguimiento efectivo a la implementación del Sistema Integral de Control de Calidad, logrando un cumplimiento del 100 % de las acciones programadas. Todas las actividades contempladas en el periodo de implementación fueron ejecutadas en tiempo y forma, conforme a lo establecido en el plan de trabajo.

La reorganización del área de almacenamiento, el correcto resguardo de los aditivos conforme a las fichas técnicas del proveedor, la capacitación del personal de laboratorio en la calibración y verificación de equipos, la capacitación de los operadores en los procedimientos estandarizados de mezclado, así como la actualización de los procedimientos de calidad, se llevaron a cabo en su totalidad, sin presentar desviaciones ni actividades pendientes.

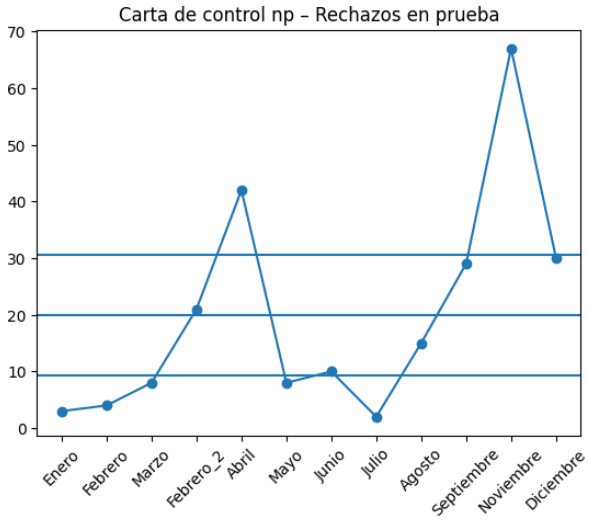
A continuación, se muestra la gráfica de barras, donde se observa que se cumple el 100%.

Gráfica 7. Cumplimiento general del cronograma de implementación del sistema integral de control de calidad

Fuente: (Obtenida de la empresa)

Este resultado evidencia que el Sistema Integral de Control de Calidad fue implementado de manera completa y efectiva, alineándose plenamente a los requisitos establecidos en la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014, lo que contribuye a asegurar la calidad del concreto hidráulico producido por la empresa Concretos LAR S.A. de C.V.

4.3 Indicador del cpk



Gráfica 8. Carta NP

Fuente: (Elaboración propia)

Con base en el número de viajes realizados por mes y la cantidad de rechazos obtenidos en las pruebas de calidad del concreto hidráulico. Los resultados generales de la carta np:

- Línea central ($n\bar{p}$): ≈ 20 rechazos
- Límite superior de control (LSC): ≈ 30 rechazos
- Límite inferior de control (LIC): ≈ 9 rechazos

Interpretación: La carta np muestra que el proceso no se encuentra bajo control estadístico, ya que se identifican varios meses que superan el límite superior de control, principalmente:

- Abril
- Septiembre
- Noviembre
- Diciembre

Estos puntos fuera de control indican la presencia de causas especiales de variación, lo que sugiere fallas en etapas críticas del proceso como la dosificación, el mezclado, el control de materias primas o las condiciones de operación. Por lo tanto, el proceso presenta inestabilidad, afectando la consistencia y calidad del concreto hidráulico.

Así mismo, se trabajó con la proporción de rechazos por viaje**:**

$$p = \frac{Rechazos}{Viajes}$$

A partir de los 12 meses se obtuvieron los siguientes valores estadísticos:

- Media del proceso (μ):

$$\mu = 0.336$$

- Desviación estándar (σ):

$$\sigma = 0.215$$

- Límite superior de especificación (USL):

$$\text{USL} = 0.15 \text{ (5\% máximo permitido)}$$

- Límite inferior de especificación (LSL):

$$LSL = 0$$

Sustitución de la formula con los datos obtenidos:

Primer término:

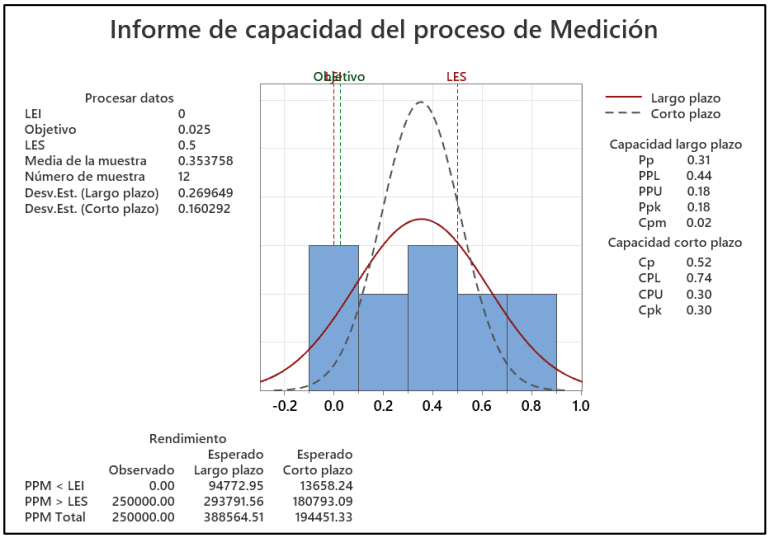
$$\frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{0.05 - 0.336}{3(0.215)} = \frac{-0.286}{0.645} = -0.44$$

Segundo término:

$$\frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{0.336 - 0}{0.645} = 0.52$$

- **Cpk**

$$Cpk = min(-0.44, 0.52) = -0.38$$



Gráfica 9. *Indicador Cpk*

Observaciones:

- El promedio del proceso se encuentra fuera de los límites de especificación.

- El proceso no es capaz de cumplir con los requisitos establecidos por la Norma NMX-C-155-ONNCCE-CCE.
- Existe excesiva variabilidad y falta de control en el proceso productivo.

Interpretación:

El análisis conjunto del índice Cpk y la carta de control np evidencia que el proceso de fabricación del concreto hidráulico no es estadísticamente estable ni capaz, presentando altos niveles de rechazo y variabilidad. Estos resultados justifican la necesidad de implementar acciones correctivas inmediatas, fortalecer los controles de calidad y estandarizar las operaciones críticas para asegurar el cumplimiento normativo y mejorar el desempeño del proceso.

4.4 Auditoria para la empresa Concretos Santa Clara S.A de C.V en Sistema Integral de Control de Calidad NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

1.2 Evaluación por Proceso

Datos de la Auditoría	
Fecha de auditoría	07/12/2025
Planta / Área auditada	Control de calidad, laboratorio y dosificación
Auditor líder	Brenda Lizzeth Molar Cruz
Personal auditado	Personal de Concretos Lar, y corporativo Santa Clara
Objetivo de la auditoría	Verificar el cumplimiento del sistema integral de control de calidad en el proceso de fabricación del concreto hidráulico.
Norma de referencia	NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

Proceso evaluado	**Evidencia revisada**	**Cumple (Sí/No)**	**Observaciones**
Liberación en la recepción de materias primas (procedimiento)		Si	Se observó que la empresa cuenta con un procedimiento establecido para la liberación de materias primas en la etapa de recepción, el cual garantiza que los insumos utilizados en la producción cumplen con los requisitos de calidad establecidos. Dicho procedimiento se aplica de manera sistemática, asegurando la conformidad de los materiales

			antes de su uso en el proceso productivo.
Dosificación manual o automática (como se lleva el control que asegure la medición correcta de cantidades)		Si	La dosificación de los materiales se realiza mediante un sistema de control, ya sea manual o automático, que asegura la correcta medición de las cantidades requeridas conforme a las especificaciones del diseño de mezcla. Este control permite mantener la uniformidad y consistencia del concreto producido, minimizando variaciones y asegurando el cumplimiento de la normativa aplicable.
Mezclado (se lleva registro de tiempos, se conoce el tiempo que menciona la norma)		Si	El proceso de mezclado se encuentra debidamente controlado, llevando registros de los tiempos de mezclado y asegurando que estos se apeguen a lo establecido por la norma correspondiente. El personal

			involucrado conoce los tiempos normativos, lo que garantiza una adecuada homogeneización de los materiales.
Control de concreto fresco (capacitaciones, instructivos, procedimientos, personal técnico)		Si	Se cuenta con un control efectivo del concreto fresco mediante capacitaciones al personal, instructivos y procedimientos documentados. Además, el proceso es supervisado por personal técnico capacitado, lo que asegura que las propiedades del concreto fresco cumplan con los criterios de calidad requeridos.
Elaboración de especímenes (capacitación, plan de calidad, instrucción de trabajo)		Si	La elaboración de especímenes se realiza conforme a lo establecido en el plan de calidad y en las instrucciones de trabajo correspondientes. El personal encargado se encuentra debidamente capacitado, garantizando que los especímenes representen fielmente las condiciones del concreto producido.

Ensayes del concreto endurecido (capacitación, plan de calidad, instrucción de trabajo)		Si	Los ensayes del concreto endurecido se llevan a cabo por personal capacitado, siguiendo el plan de calidad y las instrucciones de trabajo definidas. Este proceso permite verificar el cumplimiento de las propiedades mecánicas del concreto, asegurando la confiabilidad de los resultados y la conformidad con la norma.
Trazabilidad documental (resguardo de la información, doc. Firmados)		Si	Los documentos relacionados con el control de calidad se encuentran debidamente llenados, firmados y autorizados por el personal responsable, lo que garantiza la integridad, confiabilidad y disponibilidad de la información. Asimismo, se asegura la correcta identificación y localización de los registros, permitiendo dar seguimiento oportuno a cada etapa del proceso conforme a los lineamientos establecidos en el sistema de calidad.

2. Lista de Verificación para Auditoría Interna (NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014)

Lista de verificación para evaluación del Sistema Integral de Control de Calidad – NMX-C-155-ONNCCE-CCE-2014

No.	Requerimiento	Cumplimiento		Seguimiento y desviación
		Cumple	No cumple	
1.1 Recepción de materias primas				
1	¿El cemento cuenta con certificado vigente?	**X**		Se detecto que el cemento cuenta con su certificado vigente, lo que me da certeza de que cumple con los requisitos de calidad establecidos y permite trabajar con mayor seguridad en el proceso dentro de la empresa.
2	¿El concreto hidráulico cumple con las características y especificaciones descritas en la NMX-C-414-ONNCCE?	**X**		Se cumple con lo establecido en la NMX-C-414, por lo que las características del material están alineadas con lo requerido para garantizar un buen desempeño.
3	¿Los agregados cumplen con las especificaciones descritas a la NMX-C-111-ONNCCE?	**X**		Si cumplen correctamente con los parámetros de la NMX-C-111, lo cual me asegura que los materiales utilizados son adecuados para la mezcla.
4	¿Los agregados cumplen con granulometría y están libres de contaminantes externos?	**X**		Es de mencionar que la granulometría es la adecuada y no presentan contaminantes externos, lo cual favorece un concreto más uniforme y de buena calidad.
5	¿Se registran humedad y condiciones de almacenamiento?	**X**		Se lleva un registro claro de la humedad y de las condiciones de almacenamiento, lo que me permite tener un control preciso para la dosificación.
6	¿Los aditivos se almacenan según la ficha técnica?	**X**		Se observa que los aditivos se almacenan tal como lo marcan sus fichas técnicas,

				asegurando que mantengan sus propiedades y funcionen correctamente en la mezcla.
7	¿Existen registro actualizado de proveedores aprobados?	**X**		Se observa que los proveedores aprobados cuentan con un registro actualizado, lo cual facilita la trazabilidad y garantiza la confiabilidad de las materias primas.
1.2 Dosificación				
8	¿Las básculas están calibradas y con sello vigente?	**X**		Se puede observar que las básculas están calibradas y cuentan con su sello vigente, lo que me da confianza de que las mediciones son precisas.
9	¿La humedad de agregados se actualiza diariamente?	**X**		La humedad de los agregados se actualiza diariamente por parte de los laboratoristas, lo que permite ajustar correctamente la mezcla.
10	¿Se utiliza el diseño de mezcla autorizado?	**X**		El diseño de mezcla autorizado es el que se utiliza en todo momento, asegurando consistencia en la producción.
11	¿Se generan registros por lote?	**X**		Se generan registros completos por cada lote, lo que facilita el control y seguimiento del proceso para la empresa.
12	¿El agua de lavado del interior de las mezcladoras las verifican semanalmente por un periodo de un mes?	**X**		El agua de lavado de las mezcladoras se verifica semanalmente conforme al periodo establecido por parte de la empresa, manteniendo un adecuado nivel de limpieza y control.
1.3 Mezclado				
13	¿Las ollas se encuentra limpias y en buen estado?	**X**		Se encuentran limpias y en buen estado, lo que evita contaminación en la mezcla.
14	¿El tiempo de mezclado es conforme al POE?	**X**		El tiempo de mezclado se cumple conforme al POE, garantizando la homogeneidad del concreto en todo momento.

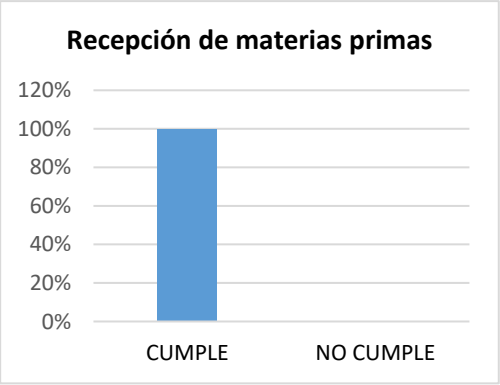
15	¿El operador está capacitado?	**X**		Los operadores se encuentran capacitados y conocen bien los procedimientos, lo que se nota en la consistencia del trabajo dentro de la empresa.
16	¿El agua de mezclado cumple con las especificaciones de acuerdo a la NMX-C-122-ONNCCE?	**X**		Se pudo analizar que el agua de mezclado cumple con los parámetros de la NMX-C-122, lo que asegura que no afecta negativamente la mezcla.
17	¿El agua de dudosa calidad la aceptan si cumple con los criterios de la NMX-C-122-ONNCE?	**X**		Cuando existe agua de calidad dudosa, se evalúa conforme a la norma antes de aprobarla, lo que asegura el cumplimiento técnico.
18	¿La mezcladora cumple con girar 30 revoluciones adicionales como mínimo a la velocidad del mezclado?	**X**		La empresa lleva el protocolo de que la mezcladora realice las 30 revoluciones adicionales establecidas, lo que contribuye a obtener una mezcla completamente uniforme para el consumidor final.
19	¿El camión revolvedor cumple con sus 2 rev/min a 6rev/minutos de velocidad?		**X**	El camión revolvedor no cumple con el rango de velocidad requerido de 2 a 6 rev/min**,** lo que puede afectar la homogeneidad de la mezcla y la calidad del concreto. Esta desviación representa un riesgo para el cumplimiento de los parámetros establecidos en el sistema de control de calidad, por lo que es necesario realizar un ajuste inmediato en la operación del equipo y reforzar la supervisión y el registro de este parámetro.
1.4 Concreto fresco				

20	¿Se realiza prueba de revenimiento conforme a la NMX-C-156- ONNCE?	**X**		La prueba de revenimiento se realiza conforme a la NMX-C-156, lo que me permite confirmar la trabajabilidad del concreto.
21	¿El revenimiento nominal del concreto no excede de los 10cm?	**X**		El revenimiento nominal se mantiene dentro del límite permitido, sin exceder los 10 cm.
22	¿El revenimiento se encuentra dentro de los valores permisibles dentro de los primeros 30 minutos medidos a partir desde que llega a la obra?		**X**	El revenimiento no se encuentra dentro de los valores permisibles al ser medido dentro de los primeros 30 minutos a partir de la llegada del concreto a la obra, lo que indica una desviación en las propiedades del concreto fresco.
23	¿Se toma la temperatura del concreto fresco en cada olla a liberar a obra?	**X**		Se observa que un laboratorista es el encargado de tomar la temperatura de cada olla antes de liberarla, lo que ayuda a controlar variaciones en el comportamiento del concreto.
24	¿La temperatura máxima del concreto hidráulico no excede de 32°C?		**X**	La temperatura del concreto hidráulico excede los 32 °C, lo que representa un incumplimiento a los parámetros establecidos. Esta condición puede afectar el tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la resistencia final del concreto, por lo que es necesario implementar medidas correctivas inmediatas para el control de la temperatura y reforzar la supervisión durante la recepción y colocación del concreto.
25	¿En climas cálidos la temperatura del concreto hidráulico no excede de los 38°C?		**X**	En condiciones de clima cálido, la temperatura del concreto hidráulico excede los 38 °C, lo que constituye un incumplimiento a los límites establecidos.

				Esta desviación puede provocar un fraguado acelerado y afectar la calidad y resistencia del concreto, por lo que se requiere la aplicación inmediata de acciones correctivas para el control térmico y el fortalecimiento de las medidas de supervisión durante el proceso.
26	¿Se elabora cilindros, cubos según la NMX-C-083-ONNCE?	**X**		Los cilindros y cubos se elaboran conforme a la NMX-C-083, garantizando ensayes representativos.
27	¿Los registros son completos y legibles?	**X**		Los registros son completos, legibles y se llenan correctamente, lo que mejora la trazabilidad.
1.5 Concreto endurecido				
28	¿Los especímenes se curan correctamente?	**X**		Los especímenes se curan adecuadamente, siguiendo las condiciones necesarias para obtener resultados confiables en los ensayes.
29	¿Los ensayes se realizan a 7, 14, y 28 días?	**X**		Los ensayes se realizan en los tiempos establecidos, lo que permite evaluar correctamente el desarrollo de la resistencia.
30	¿Los resultados se comparan contra la resistencia especificada?	**X**		Los resultados se comparan contra la resistencia especificada, lo que facilita detectar cualquier variación.
1.6 Trazabilidad documental				
31	¿Cada lote cuenta con ficha completa de producción?	**X**		Cada lote cuenta con su ficha completa de producción, lo que mejora el control del proceso.
32	¿Los registros se almacenan y resguardan adecuadamente?	**X**		Todos los registros se almacenan de manera ordenada y segura, permitiendo acceder a ellos cuando se requieren.
1.7 Acciones correctivas				

34	¿Existen procedimientos formales para gestionar no conformidades?	**X**		Se cuenta con procedimientos formales para atender no conformidades, lo que permite actuar de manera rápida y estructurada para cualquier inconformidad.
35	¿Se cierran las acciones dentro del plazo definido?	**X**		Las acciones correctivas se cumplen dentro de los plazos establecidos por parte de la empresa, lo que demuestra un buen control y seguimiento.
36	¿Cuándo el usuario requiere una consideración diferentes alas tolerancias de aceptación del revenimiento en obra, estas se acuerdan previamente con el productor?	**X**		Cuando el usuario requiere una consideración especial respecto al revenimiento, se acuerda previamente, garantizando claridad y cumplimiento entre ambas partes.

1. Recepción de materias primas

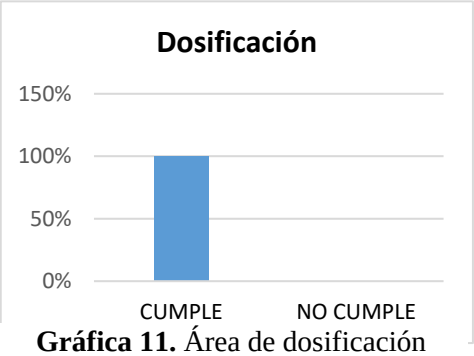


Gráfica 10. Recepción de materias primas

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de recepción de materias primas cumple ya en un 100%

2. Dosificación

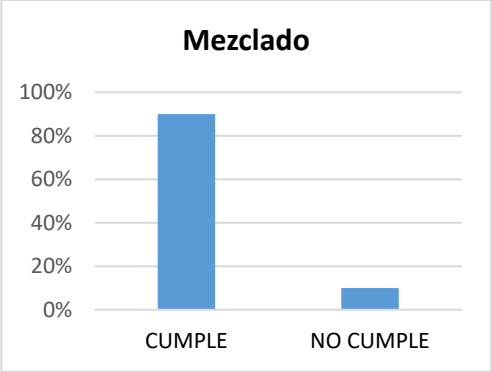


Gráfica 11. Área de dosificación

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica el área de dosificación alcanza un 100 % de eficiencia tras la realización de la auditoría, lo que refleja el cumplimiento total de los lineamientos y procedimientos implementados.

3. Mezclado

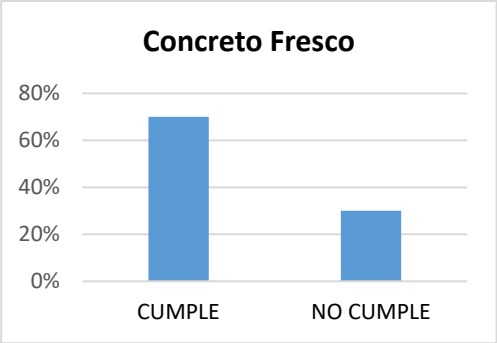


Gráfica 12. Área de mezclado

Fuente: (Elaboración propia)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la gráfica en el área de mezclado, se observa que el 90 % de los criterios evaluados cumplen con los lineamientos establecidos, mientras que el 10 % no cumple**.**

4. Concreto fresco

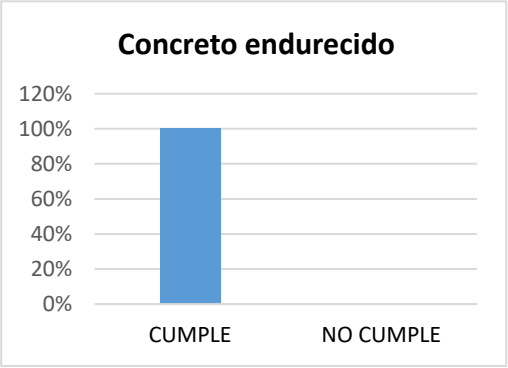


Gráfica 13. Área del concreto fresco

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la gráfica, el área de concreto fresco presenta un 70 % de cumplimiento respecto a los criterios evaluados, mientras que el 30 % no cumple con los lineamientos establecidos, estos resultados reflejan que, aunque el área alcanza un nivel aceptable de conformidad, aún existen desviaciones significativas que requieren la implementación de acciones correctivas y de mejora.

5. Concreto endurecido

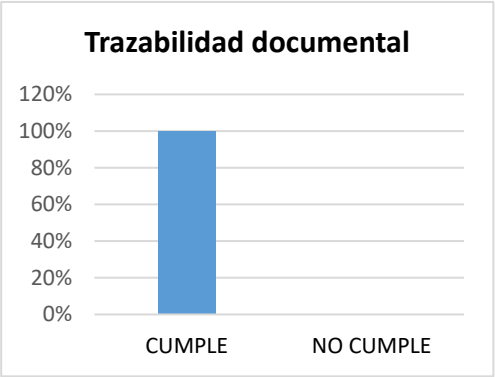


Gráfica 14. Área de concreto ya finalizado endurecido

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de concreto endurecido cumple ya en un 100%.

6. Trazabilidad documental

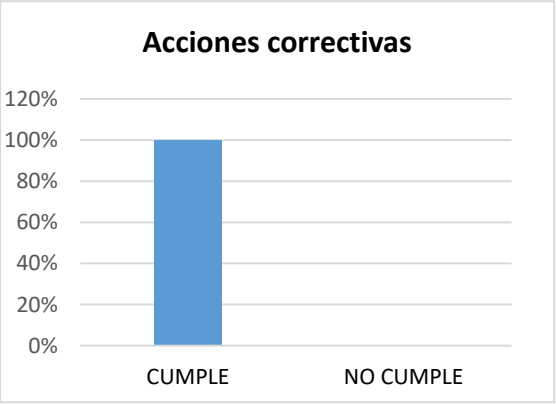


Gráfica 15. Área de trazabilidad documental

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de trazabilidad documental cumple ya en un 100%.

7. Acciones correctivas



Gráfica 16. Acciones correctivas

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en la gráfica de acciones correctivas, el proceso alcanza un cumplimiento del 100 % de eficiencia.

Las recomendaciones que una servidora propone con la finalidad de disminuir el 9 % de fallas detectadas y lograr que el Diseño e implementación de un sistema de control de calidad

de materias primas y procesos de fabricación alcance un cumplimiento del 100 % conforme a los estándares establecidos por la norma son las siguientes:

- Verificar que el camión revolvedor opere dentro del rango de 2 a 6 rev/min, implementando registros de control y reforzando la capacitación de los operadores.
- Realizar la prueba de revenimiento dentro de los primeros 30 minutos desde la llegada a obra, asegurando valores dentro de los límites permisibles y evitando adiciones de agua no autorizadas.
- Monitorear la temperatura del concreto, garantizando que no exceda los 32 °C y, en climas cálidos, los 38 °C, aplicando medidas preventivas para reducir el efecto del calor.
- Dar seguimiento continuo a los registros y acciones correctivas para asegurar el cumplimiento total del plan de inspección y prueba.

CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió demostrar la importancia del diseño, implementación y actualización de un sistema de control de calidad de materias primas y procesos de fabricación aplicado al concreto hidráulico, conforme a los criterios establecidos por la normativa mexicana vigente. A través de la aplicación sistemática de procedimientos de inspección, verificación y control, fue posible identificar desviaciones en distintas etapas del proceso productivo y establecer acciones correctivas oportunas orientadas a la mejora continua.

Los resultados obtenidos a partir de la auditoría realizada evidencian que la recepción de materias primas, la dosificación, la trazabilidad documental y la gestión de acciones correctivas alcanzaron un nivel de eficiencia del 100 %, lo cual refleja un adecuado control operativo y documental. No obstante, se detectaron áreas de oportunidad en las fases de mezclado y concreto fresco, donde se presentaron desviaciones relacionadas principalmente con la velocidad de rotación del camión revolvedor, el control del revenimiento y la temperatura del concreto en condiciones normales y de clima cálido. Estas desviaciones fueron determinantes para la actualización del sistema de control de calidad y la implementación de medidas preventivas y correctivas.

Derivado de la aplicación del sistema actualizado, se obtuvo una eficacia global del 91 %**,** lo que confirma que el plan de inspección y prueba cumple con los criterios normativos**,** permitiendo garantizar la calidad del concreto hidráulico durante su fabricación, transporte y colocación en obras. Asimismo, este sistema facilitó la toma de decisiones basada en datos, fortaleciendo el control del proceso y reduciendo el riesgo de fallas que puedan comprometer el desempeño estructural.

En conclusión, la evaluación y aplicación del sistema de control de calidad no solo asegura el cumplimiento normativo, sino que también contribuye directamente a la seguridad, durabilidad y confiabilidad de las construcciones**,** demostrando que la correcta gestión de la calidad en el concreto hidráulico es un factor clave para el éxito de los proyectos de ingeniería civil como la empresa Consorcio Santa Clara, Concretos Lar S.A de C.V.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Capacidad para diseñar e implementar un sistema de control de calidad de materias primas y procesos de fabricación.
- Capacidad para identificar y aplicar los procedimientos del sistema de control de calidad en materias primas y procesos productivos.
- Habilidad para trabajar en equipo de manera coordinada y eficiente.
- Capacidad para realizar actualizaciones y mejoras al sistema de control de calidad conforme a los resultados obtenidos y los requisitos normativos.
- Habilidad para identificar los problemas que se presentan en el área de trabajo durante el proceso productivo.
- Habilidad para proponer e implementar soluciones a los problemas detectados, enfocadas en la mejora continua.

ANEXOS

LARC CONCRETOS — CONSORCIO SANTACLARA

LISTA DE VERIFICACIÓN EN BASE ALA NMX-C-155-ONNCCE-CCE

No.	Requerimiento	Cumplimiento		Actividades a realizar		Observaciones
		Cumple	No cumple	Fecha de inicio	Fecha de finalización	
1.Recepción y control de materias primas						
En esta etapa garantiza que los insumos utilizados cumplan con las exigencias técnicas establecidas por las normas aplicables y con las especificaciones del diseño de mezcla.						
1.1	**Cemento**					
1	¿El cemento cuenta con certificado de calidad vigente del proveedor?	X		07-12-25	—	Se observo que el personal conoce la certificacion, y el mismo está informado sobre los requisitos establecidos como de las tonelladas procesadas del mismo.
2	¿Se almacena en condiciones que evitan humedad y contaminación?	X		07-12-25	—	La empresa ya almacena correctamente en los marranos lo que les permiten mantener en buenas condiciones y previenen la humedad, así mismo se observa que llevan una verificacion periodicamente.
3	¿Existe rotación adecuada del material (PEPS)?	X		07-12-25	—	Mediante esta segunda evaluación se observo que el personal aplica el método (PEPS) para el material y realizan una verificación periodica de entradas y salidas.
1.2	**Agregados (arena y grava)**					
4	¿Se cuenta que los agregados cumplen con granulometria especificada?	X		07-12-25	—	Si se cumple con los parámetros establecidos dentro de la norma NMX-C-155. Sin embargo se recomienda mantener controles periódicos del muestreo y el análisis para asegurar que se mantenga.
5	¿Se cuentra que los agregados están libres de contaminantes (orgánicos, arcillas, materiales indeseables)?	X		07-12-25	—	Se mantiene un control constante mediante inspecciones visuales y muestreos periodicos para garantizar las condiciones de limpieza y la calidad de lo que son los agregados para la recepción y el almacenamiento de la empresa.

6	¿Se cuenta con estantes de almacenamiento están separadas para evitar segregación y mezclas cruzadas?	X		07-12-25	—	Actualmente la empresa ya cuenta con estantes de almacenamiento adecuadamente separados. Lo que ayudara a disminuir el riesgo de segregacion y mezclas cruzadas entre los materiales para no dañar el producto.
1.3	**Agua**					
7	¿El agua cumple con requisitos de potabilidad o calidad equivalente?	X		07-12-25	—	La empresa maneja controles periodicos mediante un análisis tanto físico-químico para asegurar que la calidad del agua se conserve de manera continua.
8	¿Se tiene registro de pruebas químicas periódicas?	X		07-12-25	—	Si se cuenta con registros de pruebas químicas realizadas por CEMEX esto permite verificar la calidad como la estabilidad de los materiales que se utilizan en el proceso.
1.4	**Aditivos**					
9	¿Los aditivos cuentan con ficha técnica y certificado del fabricante?	X		07-12-25	—	Concretos Lar si cuenta con las fichas técnicas y los certificados del fabricante de los aditivos. de igual modo estos formatos los actualizan para su verificación.
10	¿Se almacenan según recomendaciones del proveedor?	X		07-12-25	—	Los aditivos ya se almacenan correctamente los aditivos de acuerdo a su proveedor, lo que puede afectar sus propiedades durante el proceso al concreto si no se llegaran almacenar correctamente.
2. Dosificación y diseño de mezcla						
Etapa donde se decretan sus propiedades en estado fresco y endurecido. Un diseño adecuado garantiza que el concreto cumpla con las exigencias de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y desempeño estructural especificados para cada obra.						
11	¿Se cuenta con un diseño de mezcla autorizado conforme a la NMX-C-155-ONNCCE-CCE?	X		07-12-25	—	La empresa si cuenta con un diseño de mezcla de acuerdo a la NMX-C-155 lo que garantiza que la composición de la mezcla se encuentra dentro de los parámetros por la norma.
12	¿Se verifica la relación agua-cemento conforme a parámetros de diseño?	X		07-12-25	—	El personal si verifica la relación de agua-cemento de acuerdo a los parámetros del diseño de mezcla para asegurar la calidad, resistencia como la trabajabilidad del concreto.
13	¿El equipo de dosificación está calibrado y con registro vigente?	X		07-12-25	—	El area de carga "dosificación" cuenta con calibración vigente lo que garantiza al dosificador

						lo precision en la medicion de los materiales y a la estabilidad como a la uniformidad de la calidad del concreto producido en la empresa. Asi mismo se observa que cumplen con la Norma.
14	¿Se tiene establecido un programa de calibración realizado por el personal interno del laboratorio, que valide la correcta obtención de los resultados en el laboratorio?	X		07-12-25	—	La empresa lleva un programa de calibración establecido por el personal interno como (laboratorio) lo que desarrolla e implementa procedimientos, frecuencias y registros que aseguran la validez de los ensayos.
15	¿Se cuenta con el personal debidamente capacitado para llevar a cabo la verificación de los equipos de laboratorio?	X		07-12-25	—	Tras haber realizado la capacitación de verificación de los equipos de laboratorio, el personal desarrolla competencias necesarias para la verificación y manejo adecuado de los equipos.
16	¿Se controla el contenido de humedad de los agregados antes de dosificar?	X		07-12-25	—	La empresa controla el contenido de humedad a través de un laboratorista, lo que permite ajustar las proporciones de agua y asegurar la exactitud para el diseño de la mezcla.
17	¿Se documenta cada lote producido?	X		07-12-25	—	La empresa documenta los lotes producidos en una base de datos, lo que les permite llevar un control de la trazabilidad, parámetros de fabricación y de resultados.
	3. Mezclado					
Etapa esencial en la producción del concreto hidráulico, cuyo objetivo principal es lograr una distribución uniforme de los materiales que componen la mezcla: cemento, agregados, agua y aditivos.						
18	¿La olla de la mezcladora está limpia y en condiciones adecuadas de operación?	X		07-12-25	—	Tras la revision a los operadores las ollas de la mezcladora se encuentran limpias y en condiciones adecuadas de operación, eso ayuda a evitar contaminaciones y asegurar la homogeneidad de la mezcla
19	¿El dosificador respeta el tiempo de mezclado especificado en la norma?	X		07-12-25	—	El dosificador respeta el tiempo de mezclado conforme a la norma lo que nos garantiza una homogeneidad y buena calidad del concreto producido.

20	¿Se revisa la uniformidad de la mezcla?	X		07-12-25	—	La empresa revisa la uniformidad de la mezcla durante el proceso, asegurando que el concreto cumpla con las propiedades requeridas para su correcta aplicación.
21	¿Los operadores están capacitados en los procedimientos estandarizados?	X		07-12-25	—	Tras la realización de la capacitación para los operadores en procedimientos estandarizados se implementó un programa de procedimientos desde materia prima hasta llegar a la obra
4. Control de calidad en planta						
En esta etapa nos basamos en los procedimientos, verificaciones y registros destinados a asegurar que el concreto producido cumpla con las especificaciones del diseño de mezcla, con los requisitos normativos y con los estándares establecidos por el cliente o proyecto.						
4.1	**Pruebas al concreto fresco**					
22	¿Se realiza prueba de revenimiento (cono de Abrams) conforme a NMX-C-156?	X		07-12-25	—	El laboratorista realiza la prueba de revenimiento, lo que permite verificar la consistencia del concreto y asegurar que cumpla con los parámetros
23	¿Se toman muestras por lote según lo requerido?	X		07-12-25	—	El área de muestreo toma las muestras por lote conforme a lo requerido, lo que permite verificar la calidad del concreto y asegurar la trazabilidad de la producción.
24	¿Se verifica la temperatura del concreto fresco?	X		07-12-25	—	El laboratorista es quien se encarga de tomar la temperatura del concreto fresco durante la producción, lo que permite asegurar que se mantenga dentro de los rangos establecidos para la trabajabilidad.
25	¿Se controla el tiempo transcurrido entre mezclado y colado?	X		07-12-25	—	El área de muestreo controla el tiempo transcurrido entre el mezclado y el colado del concreto para asegurar que se mantenga dentro de los límites recomendados para garantizar la calidad del material.
4.2	**Pruebas al concreto endurecido**					
26	¿Se fabrican cilindros de prueba conforme a la norma?	X		07-12-25	—	Los laboratoristas fabrican los cilindros de prueba, vigas y cubos

						de acuerdo a lo establecido en la normativa, asegurando que las muestras representan la calidad del concreto producido por la Empresa.
27	¿Se lleva control de curado y almacenamiento de especímenes?	X		07-12-25	—	Si se lleva un control adecuado del curado y el almacenamiento de los especímenes, con la finalidad de asegurar que las condiciones se mantengan dentro de los parámetros de la norma.
28	¿Se realizan ensayes de resistencia a compresión según plazos normativos (7, 14, 28 días)?	X		07-12-25	—	Los laboratoristas si llevan la realización de ensayes de resistencia a compresión, lo que permite evaluar adecuadamente el comportamiento del concreto y verificar que cumpla con las especificaciones del diseño de la mezcla.
5. Documentación y trazabilidad						
Se tiene la información mínima necesaria para la realización de las actividades del laboratorio.						
29	¿Se documentan los resultados de cada prueba?	X		07-12-25	—	La empresa documenta los resultados de cada prueba realizada, lo que genera llevar un control adecuado del desempeño del concreto.
30	¿Cada lote tiene trazabilidad completa (materias primas, mezclado, transporte, pruebas)?	X		07-12-25	—	Se cuenta con trazabilidad completa por lote, integrando información sobre mat. primas, proceso de mezclados, transporte como resultados de pruebas.
31	¿Se conservan registros conforme a lo requerido por la norma?	X		07-12-25	—	El personal si conserva los registros conforme a los requerimientos de la norma, asegurando la trazabilidad de la información para auditorías o revisiones.
32	¿Se cuenta con la integración de una carpeta que consolida la normativa vigente relacionada a las pruebas de laboratorio y especificaciones requeridas en las actividades del laboratorio?	X		07-12-25	—	Si se cuenta con una carpeta integrada que consolida la normativa vigente con las pruebas del área de laboratorio y las actividades del mismo.

33	¿La empresa cuenta con Formatos de verificación de acuerdo con los lineamientos que debe cumplir los equipos?	X		07-12-25	—	La empresa cuenta con formatos de verificacion especificos alineados a cada equipo, lo que permite llevar un control sistemático del estado, calibración y funcionamiento.
34	¿Se cuenta con un manual de procedimientos en donde se describen las actividades descritas para cada una de las actividades del laboratorio?	X		07-12-25	—	Cuentan con un manual de procedimientos actualizados este manual asegura la estandarización de los procesos, facilita la capacitacion del personal y contribuye al cumplimiento.
35	¿La empresa cuenta con un manual de calidad en donde se detallan las actividades propias del laboratorio?	X		07-12-25	—	La empresa cuenta con un manual de calidad donde se detallan las actividades propias del laboratorio. Ademas que establece los lineamientos y responsabilidades como de los procedimientos necesarios para garantizar el control de calidad.
36	¿Se cuenta con una serie de formatos en donde se asientan los resultados de laboratorio, para su debida presentación y entrega a los responsables del área de calidad y producción?	X		07-12-25	—	Se cuenta con una serie de formatos establecidos para registrar los resultados de laboratorio. Tener estos formatos documenta cada prueba realizada en el área de calidad, produccion y lineamientos de la NMx-C-155-ONNCCE-CCE
6. Medidas correctivas y mejora continua						
En esta etapa constituyen elementos fundamentales dentro del sistema integral de control de calidad para la producción de concreto hidráulico. Su propósito es identificar, corregir y prevenir fallas en los procesos, garantizando que el producto final cumpla con los estándares normativos y las especificaciones del diseño de mezcla.						
37	¿Existe un procedimiento para actuar frente a no conformidades?	X		07-12-25	—	Si existe el procedimiento este ayuda a la empresa a definir las acciones, cuando algún proceso material, equipo o resultado no cumple con los requisitos especificos.
38	¿Se aplican acciones correctivas oportunas?	X		07-12-25	—	La empresa aplica acciones correctivas de manera oportuna atendiendo las no conformidades tan pronto como se identifican.

39	¿Se actualizan los procedimientos de calidad según los resultados obtenidos?	X		07-12-25	—	Se identifico que la empresa ya actualiza los procedimientos de calidad con base en los resultados obtenidos durante las pruebas, inspecciones o auditorías internas.
40	¿Se cuenta con un ingeniero que coordine y dirija las actividades del laboratorista(s), así mismo consolide e interprete los resultados de laboratorio y en base a ellos, se implementen las acciones de mejora y ahorro?	X		07-12-25	—	Se analizo que la Empresa sí cuenta con un Ingeniero responsable Ing. Ramón, que se encarga de coordinar, y dirigir las actividades del personal de laboratorio. El consolida e interpreta los resultados de cada prueba e implemento acciones de mejora y optimización al sistema de calidad.

LAR CONCRETOS

ASUNTO: Carta de autorización para titulación.

Xoyotitla, Mpio de Álamo Temapache, Ver., a 20 de enero de 2026

A quien corresponda:

Por medio de la presente, la empresa Concretos LAR, Santa Clara S.A. de C.V., autoriza a la C. Brenda Lizzeth Molar Cruz, con número de control 212Z0435, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, para hacer uso de la información, experiencias y actividades desarrolladas durante su estancia en nuestra organización, con fines de titulación.

Durante su colaboración en la empresa, la C. Brenda Lizzeth Molar Cruz participó activamente en áreas relacionadas con control de calidad, cadena de suministros, muestreo y producción, adquiriendo conocimientos y experiencia práctica que contribuyeron a su formación académica y profesional, así como al apoyo de los procesos internos de la empresa.

La empresa Concretos LAR, Santa Clara S.A. de C.V. no tiene inconveniente alguno en que la información generada y las actividades realizadas sean utilizadas para la elaboración de su trabajo de titulación, siempre y cuando se respete la confidencialidad de los datos internos y el uso sea exclusivamente con fines académicos.

Se extiende la presente carta como constancia y autorización formal, para los fines académicos y administrativos que a la interesada convengan.

Sin más por el momento, reiteramos nuestro respaldo y le deseamos éxito en la culminación de su proceso de titulación.

ATENTAMENTE

LAR CONCRETOS

R.F.C. CLA190606711
DIRECCIÓN: CARRETERA FEDERAL A COBOS KM. 6
LOCALIDAD: LA VICTORIA
CIUDAD: TUXPAN, VER. C.P. 92770

ING. JOSE MARCELO MONTERO AGUILAR

ASESOR EXTERNO

FUENTES DE INFORMACIÓN

Rushiraj, S. (2024, 14 octubre). *Understanding the Importance of Quality Control in Ready-Mix Concrete Production - Hindustan RMC.* Hindustan RMC. https://hindustanrmc.com/quality-control-in-ready-mix-concrete-production/

Características del concreto hidráulico. (2018, 21 agosto). *410388537-CONCRETOS RICASA ABC.* https://www.ricasa-abc.com.mx/caracteristicas-concreto-hidraulico.html

Torices, C. (2023, 1 febrero). *Concreto hidráulico: ¿qué es y cómo se utiliza en pavimentación? Cementos Torices*. https://cementostorices.com/blog/construccion/concreto-hidraulico-que-es-y-como-se-utiliza-en-pavimentacion/

González, R. F. (2019). *Interpretación de Normas para Concreto Hidráulico. (Tesina).* Universidad Nacional Aútonoma de México., Santa Cruz Acatlán, Estado de México.

Asahara, Yumiko. (2004.). *Procedimientos de construcción con un diagrama de proceso.* Quality Management Journal.

Asociación del Cemento Portland. (2016). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (16ª edición. ed.). Skokie: IL: Asociación del Cemento Portland.

Asociación Nacional del Concreto Premezclado. (2018). *Manual de Control de Calidad de Plantas de Prefabricados Estructurales de concreto* (4ª edición ed.). (Alexandria, Ed.) VA: Asociación Nacional de Concreto Premezclado.

Avante, S. G. (2018). *Aplicación de cementos alcalinos para la edificación de viviendas de interés social. (Tesis de Licenciatura).* Facultad de Ingeniería, Puebla

Pérez, A. (2024, 18 noviembre). Qué beneficios tiene programar el cronograma de un proyecto. *OBS Business School*. https://www.obsbusiness.school/blog/que-beneficios-tiene-programar-el-cronograma-de-un-proyecto

Kurnosenko, M. (2024, 15 abril). Pros and Cons of Gantt Charts - Stiltsoft. *Stiltsoft*. https://stiltsoft-com.translate.goog/blog/pros-and-cons-of-gantt-charts/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Zinkee. (2024, 12 septiembre). *10 pasos para crear un cronograma de actividades eficiente*. Zinkee. https://www.zinkee.com/blog/cronograma-de-actividades

Auditorías conceptos esenciales para entender su importancia. (s. f.). https://landing.kawak.net/conceptos-y-definiciones-clave-de-auditoria

Beneficios de las auditorías. (2024, 3 enero). https://www.despachoramirovalles.com/beneficios-de-las-auditorias

Pavimento de concreto hidráulico. (2023, 30 octubre). https://www.proyectoslaboratoriosyasesoria.com/pavimento-de-concreto-hidraulico

Dropbox. (s. f.). *El ciclo PHVA: una guía para la mejora continua - Dropbox*. https://www.dropbox.com/es/resources/pdca

Etcheto et al. (2013). Lista de Control o Verificación (“Checklist”) en Procedimientos Artroscópicos. *Asociación Argentina de Artroscopía*.

Gawande, A. (2009). *El Manifiesto del Checklist: cómo hacer las cosas bien.* Nueva York, Nueva York: Henry Holt and Company.

Instituto Americano del Concreto. (2017). *Especificaciones ACI 301-16 para concreto estructural.* Farmington Hills: MI: Instituto Americano del Concreto.

Instituto del Acero de Refuerzo del Concreto. (2018). *Manual de prácticas estándar de CRSI* (29ª edición ed.). (Schaumburg, Ed.) IL: Instituto del Acero para Refuerzo de Concreto.

Ishikawa, K. (1982). *Guía de control de calidad.* Organización Asiática de Productividad.

ISO. (9001:2015). *Sistemas de Gestión de Calidad - Requisitos.* Organización Internacional de Normalización.

Alcocer, S. (2019). *Problemas causas y soluciones.* Mexico: Editado por el instituto mexicano del cemento y concreto A.C, Industria de la Construcción.

Alonso Farrera, F. A. (2007). *propiedades del concreto hidráulico.* Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Alvarez. (2019). *Clasificcaión del concreto Hidraulico.* Colombia Bogota: EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO.

Brito de Oliveira, V. S. (2011). *ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UM, PROCESSO: UM ESTUDO DE CASO,BASEADO NOS INDICADORES CP Y CPK.* Brasil: Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil n.

Brooks, N. Y. (2010). *Problemas, causas, soluciones, al concreto hidráulico.* Madrid. España: editado por el instituto mexicano.

Delvasto, S. (2020). *Especificaciones estandar para el concreo hidráulico, Revista.* Bogota, Colombia: editado por el instituto mexicano.

Deming, W. E. (1940). *Control de Calidad.* Madrid.

Erazo, A. y. (2021). *TESIS PROFESIONAL.* GUADALAJARA.

Figueroa. (2017). *Industria de la Construcción, Concreto Hidráulico y Determinación de la Masa Unitaria.* Madrid, España: editado por el instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.

Gawande, A. (2009). *Pasos para usar el Ckeck List de manera efectiva.* Mexico: Control de la calidad.

Hartmann, T. y. (2019). *Desventajas de una hoja de tareas (Check List).* Mexico: Control de calidad.

Korkala, O. y. (2016). *Beneficios del check list* . Madrid españa: Calidad.

Leon, Z. (2016). *Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico.* Yucatan ,Mexico: Universidad Autónoma de Yucatán, Mexico.

Mindess, A. (2005). *Humedad.* Mexico: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO HIDRAULICO.

Mindess, Y. &. (2003). *Concreto hidráulico-Determinación de la Durabilidad del concreto fresco-endurecido.* Madrid, España: editado por el instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C.

Monteiro, M. y. (2006). *Pruebas al concreto hidráulico en estado fresco* . Mexico, Colombia: Editado por el instituto mexicano.

Montes Salazar, C. A. (2020). *Auditoria interna y gestión organizacional.* Mexico: Instituto de Investigaciones y Estudios Contables.

Muñiz, L. (2017). *Check List Para El Diaganostico Empresarial Control de la Gestión.* Mexico: Profit.

Ortiz Lozano, J. A. (2007). *Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico.* Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Portland. (1998). *CONCRETO HIDRÁULICO FABRICADO.* Madrid España: Facultad de Tecnología de la Construcción.

Salazar, D. (2021). *Ingeniería Civil, Revista Academica.* Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Sanchez. (2001). *FRAGUADOS Y CONSTRUCCIONES.* Mexico: EDITADO POR EL INSTITUTO TECNOLOGICO MEXICANO DE CEMENTO.

Sánchez, I. (2015). *Cronograma de actividades.* Hidalgo: Universidad autonoma de veracruz.

Zermeño. (2018). *Conceptos basicos del concreto hidráulico y construcción.* Mexico: Editado por el Instituto mexicano del cemento y del concreto.