GESTIÓN DE CALIDAD Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DE CONCRETO EN INFRAESTRUCTURA CRÍTICA DE AGUA POTABLE

Estudio de caso: Y20-753 SW Service Area Potable Water Storage & Repump Facility & Avalon Road Master Pump Station, Florida, Estados Unidos



Ing. Javier Campaña Minchong
Registro Profesional CICG
Guayas No. 09-5225

Ingeniero Civil · Graduado en 2012
Licencia Profesional No. 09-5225
Colegio de Ingenieros Civiles del Ecuador
Colegio Provincial del Guayas

Miembro Asociado, A.M.ASCE
American Society of Civil Engineers
Miembro desde 2023

> LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DESTINADA AL ALMACENAMIENTO, BOMBEO Y MANEJO DE AGUA POTABLE REQUIERE PROCESOS CONSTRUCTIVOS CUIDADOSAMENTE PLANIFICADOS, DEBIDO A LA INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, SISTEMAS MECÁNICOS, INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y CONDICIONES OPERATIVAS ESPECÍFICAS. DENTRO DE ESTE CONTEXTO, EL CONCRETO CONSTITUYE UNO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES, SLABS, PAVIMENTOS, MUROS, PISOS Y ELEMENTOS DESTINADOS AL SOPORTE DE EQUIPOS.

RESUMEN

El presente artículo analiza la gestión de calidad y la metodología de ejecución aplicada a las obras de concreto del proyecto **Y20-753 SW Service Area Potable Water Storage & Repump Facility & Avalon Road Master Pump Station**, localizado en Winter Garden, Florida, Estados Unidos. El periodo de ejecución considerado comprende desde el 15 de octubre de 2024 hasta febrero de 2026.

Durante este periodo se ejecutaron más de 2,000 yd³ de concreto, distribuidos aproximadamente en un 50% para pisos, contrapisos y pavimentos rígidos; un 40% para muros, principalmente muros perimetrales y elementos verticales; y el 10% restante para obras menores y elementos complementarios. Estos volúmenes correspondieron a diferentes componentes de infraestructura, entre ellos el Operations Building, salas mecánicas y eléctricas, slabs y pisos para equipos, footings, pavimento rígido, muros perimetrales, aceras, bordillos, losas para generadores y otros elementos complementarios.

La metodología de control incorporó la revisión de los diseños de mezcla, planificación de los vaciados, control del concreto fresco mediante ensayos de slump y temperatura, elaboración de especímenes para ensayos de resistencia, coordinación logística con las plantas de concreto y programación de los trabajos considerando las condiciones climáticas.

Los resultados de los ensayos de resistencia correspondientes a los trabajos ejecutados presentaron un 100% de cumplimiento de las resistencias especificadas, tanto en las verificaciones realizadas a 7 días como en los ensayos a 28 días. Asimismo, las inspecciones realizadas por la autoridad municipal fueron aprobadas en su totalidad y no se registraron NCRs asociados a los trabajos de concreto.

El caso de estudio demuestra que la calidad de las estructuras de concreto en infraestructura hidráulica depende de un sistema integrado de planificación, control de materiales, ejecución, inspección, coordinación interdisciplinaria y gestión de las condiciones ambientales y logísticas.

Palabras clave:

Concreto, control de calidad, infraestructura hidráulica, agua potable, estación de bombeo, pavimento rígido, construcción, resistencia a compresión.

1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura para el suministro y manejo de agua potable representa un componente esencial para el desarrollo y funcionamiento de las comunidades. Debido a su importancia, las instalaciones destinadas al almacenamiento, bombeo y distribución de agua deben construirse bajo criterios que garanticen confiabilidad, durabilidad y adecuado desempeño durante su vida útil.

En este tipo de proyectos, los elementos de concreto cumplen diferentes funciones estructurales y operativas. Además de formar parte de cimentaciones y estructuras permanentes, el

concreto es utilizado como superficie de soporte para tuberías, motores, generadores, equipos mecánicos y sistemas eléctricos.

Por esta razón, la ejecución de estos elementos requiere una coordinación estrecha entre las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto. Las elevaciones, dimensiones, espesores, ubicación de elementos embebidos, juntas de construcción y condiciones de acabado deben ser compatibles con los requerimientos de las instalaciones que posteriormente serán montadas sobre o dentro de los elementos de concreto.

El proyecto **Y20-753 SW Service Area Potable Water Storage & Repump Facility & Avalon Road Master Pump Station** constituye un caso representativo de esta interacción entre ingeniería civil, construcción e infraestructura hidráulica.

La documentación técnica del proyecto incluye la Sección 03300, correspondiente a Cast-In-Place Concrete, que establece requisitos para el suministro de materiales, formaleta, mezclado, colocación, curado, reparación y acabado del concreto.

El objetivo de este artículo es presentar la metodología aplicada durante la ejecución de las principales obras de concreto, describir los mecanismos utilizados para controlar la calidad y analizar los resultados obtenidos durante el periodo comprendido entre octubre de 2024 y febrero de 2026.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Y20-753 corresponde al **SW Service Area Potable Water Storage & Repump Facility & Avalon Road Master Pump Station**, localizado en Avalon Road, Winter Garden, Florida.

La documentación del proyecto identifica dos áreas principales:

- **Package A:** 10255 Avalon Road, Winter Garden, FL 34787.
- **Package B:** 10247 Avalon Road, Winter Garden, FL 34787.

El alcance de los trabajos civiles de concreto considerados en este estudio incluyó:

- Operations Building.
- Mechanical/Pump Room.
- Generator Room.



FIGURA 1. VISTA GENERAL DEL PROYECTO

- Electrical Room.
- Pisos y contrapisos.
- Slabs para tuberías y equipos.
- Footings.
- Fuel tank slab.
- Main generator slab.
- Pavimento rígido.
- Sidewalks.
- Curbs.
- Driveways.
- Perimeter wall.
- Tie beams.
- Bollards.
- Elementos complementarios de concreto.

3. ALCANCE DE LAS OBRAS DE CONCRETO

Los trabajos de concreto fueron ejecutados durante el periodo comprendido entre el 15 de octubre de 2024 y febrero de 2026, con un volumen acumulado superior a 2,000 yd^3.

La magnitud y diversidad de los elementos requirió establecer diferentes estrategias de colocación. El número de vaciados no fue uniforme para todos los componentes, sino que dependió de las características geométricas, dimensiones, ubicación y secuencia constructiva de cada elemento.

En el caso del muro perimetral correspondiente a la segunda sección del proyecto, los vaciados fueron ejecutados por diferentes secciones debido a las variaciones de elevación existentes en el área. Esta metodología permitió adaptar la ejecución a las condiciones del terreno y mantener un adecuado control de la geometría de la estructura.

Para el pavimento rígido, la secuencia de colocación fue organizada de acuerdo con la ubicación de las construction joints indicadas en los planos estructurales.

En contraste, determinados elementos como pisos, contrapisos y slabs fueron ejecutados mediante un solo vaciado cuando las condiciones constructivas y logísticas permitieron realizar la colocación de manera continua.

Los espesores principales considerados incluyeron aproximadamente 12 pulgadas para el pavimento rígido, mientras que determinadas configuraciones estructurales contemplaron footings de aproximadamente 24 pulgadas y slabs de 12 pulgadas.



FIGURA 2. EJECUCIÓN DE SLAB

4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE MEZCLAS

La Sección 03300 del proyecto identifica diferentes clases de concreto. Entre ellas se encuentra la Class A1, correspondiente a concreto normal de peso utilizado en estructuras que no son de contención de agua, y la Class C, utilizada para aplicaciones específicas como duct banks, pipe encasements y sidewalks.

Para elementos que requerían una resistencia especificada de 4,000 psi a 28 días, se utilizó el diseño de mezcla 40CAX621. El submittal establece una

resistencia especificada de 4,000 psi a 28 días, un slump de 4.00 ± 1.00 pulgadas y una relación agua/material cementante de diseño de 0.44.

Los materiales contemplados en esta mezcla incluyen cemento Type IL conforme ASTM C595, agregados conforme ASTM C33 y aditivos conforme ASTM C260 y ASTM C494.

Para determinadas aplicaciones correspondientes a Class C, la mezcla 30CAV728 fue diseñada para una resistencia especificada de 3,000 psi a 28 días, con un slump de 4.00 ± 1.00 pulgadas.

La selección del concreto se realizó de acuerdo con los requerimientos establecidos para cada aplicación.



FIGURA 3. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN ELEMENTO ESTRUCTURAL

5. PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS VACIADOS

La planificación de cada vaciado fue realizada considerando el volumen requerido, las dimensiones del elemento, la capacidad de suministro, el acceso de los camiones y las condiciones ambientales previstas.

Previo a la ejecución de cada vaciado de concreto, se realizaba una verificación de la documentación y de los controles de seguridad y salud ocupacional aplicables a la actividad, con el propósito de asegurar que las medidas preventivas establecidas fueran implementadas correctamente en campo.

Como parte de este proceso, se desarrollaban Safety Moments antes del inicio de las actividades, durante los cuales se revisaba la operación programada, se identificaban los peligros asociados y se confirmaban los controles requeridos para reducir los riesgos durante la ejecución. Adicionalmente, se efectuaba una revisión de los equipos de protección personal (EPP) utilizados por el personal involucrado, verificando su disponibilidad, condición y correspondencia con los riesgos de la actividad.

Estas acciones permitían integrar la planificación de seguridad con la programación y ejecución técnica de los vaciados, fortaleciendo el control preventivo y las condiciones de trabajo durante las operaciones de colocación del concreto.

La logística de suministro representó un aspecto importante debido a que el tráfico vehicular en las vías de acceso podía generar tiempos de espera para los camiones de concreto.

Para reducir el impacto de estas condiciones, la programación de los vaciados consideró la secuencia de llegada de los camiones y la capacidad de colocación disponible en el sitio.

En elementos de mayor volumen, la continuidad del suministro fue particularmente importante para evitar interrupciones innecesarias durante la colocación.



FIGURA 4. OPERACIÓN DE DESCARGA DE CONCRETO

6. CONTROL DEL CONCRETO FRESCO

Uno de los principales mecanismos utilizados durante la ejecución fue el control del concreto fresco previo a su colocación.

El slump fue verificado en todos los vaciados ejecutados, antes de proceder con la descarga del camión dentro del elemento correspondiente.

Los valores obtenidos se encontraron dentro de los rangos establecidos por los respectivos diseños de mezcla.

Para la mezcla 40CAX621, la documentación técnica establece un slump de 4.00 ± 1.00 pulgadas, mientras que para la mezcla 30CAV728 se establece igualmente un rango de 4.00 ± 1.00 pulgadas.

La documentación contempla ASTM C143 como método para determinar el asentamiento del concreto y establece que las muestras y pruebas de aceptación debían realizarse en el punto de descarga del camión.

La verificación previa a la descarga permitió confirmar que el material recibido presentaba características compatibles con los parámetros establecidos antes de incorporarlo al elemento.

7. CONTROL DE TEMPERATURA Y CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones ambientales constituyeron uno de los factores considerados durante la planificación de las operaciones de concreto.

La documentación técnica contempla ASTM C1064 para la determinación de la temperatura del concreto fresco.

Durante la ejecución se presentaron condiciones climáticas adversas que requirieron modificar o anticipar determinadas actividades.

Para los vaciados correspondientes a footings y paredes del muro perimetral, la programación se realizó desde horas de la madrugada con el objetivo de desarrollar la colocación bajo condiciones ambientales más favorables.

Esta estrategia permitió incorporar las condiciones climáticas como una variable de planificación dentro del programa de construcción.



FIGURA 5. ARMADO DE ACERO DE REFUERZO PARA MURO PERIMETRAL

8. GESTIÓN DE JUNTAS Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA

En elementos extensos, la planificación de juntas constituye un componente importante de la metodología de construcción.

El pavimento rígido fue ejecutado considerando la distribución de los construction joints indicada en los planos estructurales y los criterios establecidos por el Florida Department of Transportation (FDOT) para este tipo de elemento. Las juntas fueron configuradas para permitir una adecuada transferencia de cargas entre los diferentes paños de concreto y facilitar la ejecución del pavimento por etapas. En las uniones entre paños se utilizaron varillas lisas (dowel bars) de 1 pulgada de diámetro, instaladas con un espaciamiento de 12 pulgadas al centro (12" O.C.), conforme a la configuración especificada para el proyecto y a los criterios aplicables del FDOT.

Este sistema permitió mejorar la transferencia de cargas a través de las juntas y mantener un comportamiento adecuado entre los paños de pavimento. La ubicación de las juntas también permitió establecer una secuencia de vaciado por paños, facilitando la planificación de las operaciones de colocación, vibrado, acabado y curado del concreto.

En el muro perimetral, las diferencias de elevación existentes requirieron una ejecución segmentada.

Estas condiciones demuestran que la secuencia constructiva debe adaptarse a las características específicas del elemento y no necesariamente desarrollarse mediante una metodología uniforme.



FIGURA 6. CONSTRUCTION JOINTS

9. CONTROL DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

La resistencia a compresión constituyó uno de los principales indicadores utilizados para verificar el cumplimiento de los requerimientos de diseño.

La documentación técnica del proyecto contempla ASTM C31 para la elaboración y curado de especímenes y ASTM C39 para el ensayo de resistencia a compresión. También establece que los trabajos de concreto se evalúan de acuerdo con ACI 318, ACI 301 y ASTM C94.

Durante la ejecución del proyecto, los resultados de los cilindros de concreto presentaron un **100 % de cumplimiento de la resistencia especificada**.

Los resultados correspondientes a 7 y 28 días cumplieron con los requerimientos establecidos para los respectivos diseños de mezcla.

Es importante señalar que el cumplimiento reportado en este artículo corresponde a los resultados de los ensayos realizados durante la ejecución de la obra. Los resultados de trial mixture incluidos en la documentación del proveedor corresponden a la etapa de evaluación del diseño de mezcla y no deben confundirse con los resultados obtenidos de los cilindros de campo.

10. TABLA DE CRITERIOS TÉCNICOS DE CONTROL

La siguiente tabla resume los principales criterios técnicos utilizados para evaluar la conformidad de los trabajos.

TABLA 1. CRITERIOS TÉCNICOS Y RESULTADOS GENERALES DE CONTROL

Parámetro	Requisito / criterio	Resultado del proyecto	Evaluación
Resistencia especificada – concreto principal	4,000 psi a 28 días	Cumplió	**CONFORME**
Resistencia especificada – Class C	3,000 psi a 28 días	Cumplió	**CONFORME**
Ensayo de compresión	ASTM C39	Realizado	**CONFORME**
Muestreo del concreto	ASTM C172	Realizado en punto de descarga	**CONFORME**
Elaboración/curado de cilindros	ASTM C31	Realizado	**CONFORME**
Slump – mezcla 4,000 psi	4.00 ± 1.00 in	Dentro del rango	**CONFORME**
Slump – mezcla 3,000 psi	4.00 ± 1.00 in	Dentro del rango	**CONFORME**
Temperatura	ASTM C1064	Condiciones controladas	**CONFORME**
Resultados a 7 días	Según especificaciones del proyecto	100 % cumplimiento reportado	**CONFORME**
Resultados a 28 días	Según especificaciones del proyecto	100 % cumplimiento reportado	**CONFORME**
Inspecciones municipales	Requerimientos del proyecto	100 % aprobadas	**CONFORME**
NCR relacionados con concreto	—	0	**CONFORME**

Los criterios de ensayo indicados en la tabla se encuentran asociados a los procedimientos especificados en la documentación del proyecto, incluyendo ASTM C172, C143, C31, C39 y C1064.

11. INSPECCIONES Y CONFORMIDAD

Las actividades de construcción fueron sometidas a las inspecciones correspondientes durante las diferentes etapas de ejecución.

De acuerdo con los resultados registrados durante el desarrollo de los trabajos, las inspecciones realizadas por la autoridad municipal fueron aprobadas en un **100 %**.

Adicionalmente, no se registraron **Non-Conformance Reports (NCRs)** asociados a los trabajos de concreto considerados en este estudio.

La combinación de resultados conformes de resistencia, control del concreto fresco, aprobación de inspecciones y ausencia de NCRs constituye un indicador favorable del desempeño del proceso constructivo.

12. RESULTADOS GENERALES

Los principales resultados obtenidos durante la ejecución de las obras de concreto se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS DEL CONTROL DE CALIDAD

Indicador	Resultado
Periodo de ejecución	15 octubre 2024 – febrero 2026
Volumen aproximado de concreto colocado	>2,000 yd^3
Número total de vaciados	Variable según elemento y secuencia constructiva
Resultados de cilindros conformes	100 %
Resultados no conformes	0 % reportado
NCR relacionados con concreto	0
Inspecciones municipales aprobadas	100 %
Vaciados con verificación de slump	100 %
Cumplimiento a 7 días	100 % reportado
Cumplimiento a 28 días	100 % reportado

13. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto permiten observar que el control de calidad del concreto fue abordado como un proceso integral.

La resistencia a compresión constituye un parámetro fundamental, pero por sí sola no representa la totalidad del control requerido durante una operación de colocación. La calidad final depende también de la correcta selección de la mezcla, las condiciones del concreto fresco, la planificación del suministro, la preparación del elemento, la colocación, el acabado, el curado y la coordinación de las actividades posteriores.

En el proyecto Y20-753, el control del slump se realizó en cada vaciado antes

de la descarga del concreto. Esta actividad permitió verificar la consistencia del material recibido frente a los parámetros establecidos en los diseños de mezcla.

La documentación técnica establece específicamente un rango de slump de 4.00 ± 1.00 pulgadas para las mezclas de 4,000 y 3,000 psi consideradas en el proyecto.

Otro aspecto relevante fue la incorporación de las condiciones climáticas dentro de la planificación. Los vaciados de footings y determinadas secciones del muro perimetral fueron coordinados durante horas de la madrugada, demostrando que la programación de la actividad puede utilizarse como una herramienta de control constructivo.

La logística de suministro también tuvo una influencia directa sobre la operación. Los tiempos de espera ocasionados por el tráfico demostraron la necesidad de considerar las condiciones externas al proyecto dentro de la planificación de los recursos.

La ausencia de NCRs asociados a los trabajos de concreto y la aprobación del 100 % de las inspecciones de la ciudad representan resultados favorables que, junto con el cumplimiento de resistencia reportado, permiten establecer una evaluación positiva del proceso de ejecución.

14. LECCIONES APRENDIDAS

La experiencia obtenida durante el proyecto permite identificar varias consideraciones relevantes para futuros proyectos de infraestructura hidráulica:

1. Planificar el vaciado antes de solicitar el concreto.
La preparación del elemento, disponibilidad de personal, equipos, accesos y secuencia de camiones deben verificarse antes del inicio de la operación.

2. Incorporar el clima en la programación.
Las condiciones ambientales pueden afectar la ejecución y deben ser consideradas desde la planificación de la actividad.

3. Verificar el concreto antes de descargarlo.
La realización del slump previo a la descarga proporciona un mecanismo inmediato para comprobar la consistencia del material recibido.

4. Coordinar la logística con el proveedor.
Los tiempos de transporte y las condiciones de tráfico pueden influir directamente sobre la continuidad de la colocación.

5. Adaptar la secuencia a las condiciones del elemento.
No todos los elementos requieren el mismo número de vaciados. La geometría, volumen, elevación y configuración de juntas deben determinar la estrategia de ejecución.

6. Utilizar los RFI como herramienta de constructibilidad.
Las condiciones encontradas durante la construcción pueden requerir soluciones alternativas que deben ser evaluadas y documentadas mediante los mecanismos formales del proyecto.

7. Mantener un control integral.
El desempeño del concreto debe evaluarse mediante la combinación de controles del material fresco, resistencia, inspecciones y seguimiento de la ejecución.

15. CONCLUSIONES

La ejecución de más de 2,000 yd^3 de concreto durante el periodo comprendido entre octubre de 2024 y febrero 2026 representó un proceso constructivo que requirió planificación, coordinación y control permanente de las diferentes variables involucradas.

Los resultados reportados durante la ejecución muestran un 100 % de cumplimiento de la resistencia especificada, tanto en las verificaciones correspondientes a 7 días como en los ensayos a 28 días.

El control del slump en todos los vaciados permitió verificar la consistencia del concreto antes de su descarga, manteniendo los valores dentro de los rangos establecidos en los diseños de mezcla.

La planificación de los vaciados en función de las condiciones climáticas permitió afrontar condiciones ambientales adversas. La programación de determinadas colocaciones durante horas de la madrugada fue una estrategia utilizada para mejorar las condiciones de ejecución de footings y muros perimetrales.

La metodología aplicada al muro perimetral permitió adaptar la secuencia constructiva a las diferencias de elevación existentes, mientras que la ejecución del pavimento rígido fue organizada de acuerdo con la distribución de construction joints indicada en los planos.

Finalmente, el 100 % de aprobación de las inspecciones de la ciudad, la ausencia de NCRs relacionados con concreto y el cumplimiento de las resistencias especificadas constituyen resultados que respaldan la efectividad del sistema de control implementado.

El caso de estudio demuestra que la calidad en la construcción de infraestructura hidráulica debe entenderse como el resultado de un proceso integrado que combina **diseño, planificación, logística, control de materiales, ejecución, inspección y coordinación interdisciplinaria**.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute. ACI 318 – Building Code Requirements for Structural Concrete.
American Concrete Institute. ACI 301 – Specifications for Concrete Construction.
ASTM International. ASTM C31 – Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field.
ASTM International. ASTM C33 – Standard Specification for Concrete Aggregates.
ASTM International. ASTM C39 – Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
ASTM International. ASTM C94 – Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.
ASTM International. ASTM C143 – Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.
ASTM International. ASTM C172 – Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.
ASTM International. ASTM C1064 – Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete.
Y20-753 SW Service Area Potable Water Storage & Repump Facility & Avalon Road Master Pump Station. Section 03300 – Cast-In-Place Concrete. Submittal B03300-02.
Los registros del laboratorio constan en los archivos de la ciudad.