

CONTROL GEOMÉTRICO Y CALIDAD DEL VACIADO DE CONCRETO EN ESTRUCTURAS PARA MANEJO DE LODOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA: EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA EN EL PROYECTO RALPH BRENNAN WTP LIME SLUDGE HANDLING IMPROVEMENTS, DAYTONA BEACH, FLORIDA



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



LAS ESTRUCTURAS DESTINADAS AL MANEJO Y SECADO DE LODOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA REPRESENTAN UNO DE LOS MAYORES DESAFÍOS PARA LA INGENIERÍA CIVIL DEBIDO A LAS EXIGENCIAS DE DURABILIDAD, ESTANQUEIDAD Y PRECISIÓN GEOMÉTRICA REQUERIDAS PARA GARANTIZAR UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL. EN ESTE CONTEXTO, EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO Y LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ADQUIEREN UNA IMPORTANCIA FUNDAMENTAL DURANTE TODAS LAS ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.



El presente artículo expone la experiencia desarrollada durante la construcción del piso principal del sistema de manejo de lodos correspondiente al proyecto “Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements”, ubicado en Daytona Beach, Florida, Estados Unidos. La estructura fue ejecutada mediante tres etapas de vaciado con volúmenes de 192, 160 y 180 yardas cúbicas de concreto, bajo estrictos controles geométricos, topográficos y de calidad, considerando además la incorporación de juntas de construcción impermeables mediante Waterstop Hydrotite.

Se describen los criterios técnicos empleados para la programación de los vaciados en horario nocturno, la influencia de las condiciones ambientales sobre el comportamiento del concreto fresco, los procedimientos de control de calidad implementados y las consideraciones técnicas adoptadas para garantizar la durabilidad y desempeño de la estructura. Los resultados obtenidos demostraron el cumplimiento total de las especificaciones del proyecto y evidenciaron la importancia de una adecuada planificación constructiva en estructuras

hidráulicas de alta exigencia.

Palabras clave:

Concreto estructural; Control geométrico; Plantas de tratamiento de agua; Manejo de lodos; Juntas de construcción; Waterstop; Calidad del concreto; Sludge Handling.

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de agua constituyen infraestructuras esenciales para el desarrollo sostenible de las ciudades modernas. Dentro de estos sistemas, las estructuras destinadas al manejo y almacenamiento de lodos presentan condiciones de servicio particularmente exigentes debido a la presencia continua de humedad, agentes químicos y cargas operacionales variables.

En consecuencia, el diseño y construcción de este tipo de estructuras requieren un elevado nivel de control tanto en la etapa de diseño como en la ejecución de la obra, especialmente en aspectos relacionados con la geometría, la calidad del concreto, el control de fisuración y la impermeabilidad de las juntas de construcción

Diversos estudios y normas inter-

nacionales establecen que la durabilidad de las estructuras hidráulicas depende en gran medida del adecuado control de la relación agua-cemento, de la calidad del curado y del tratamiento de las juntas de construcción, consideradas históricamente como uno de los puntos más vulnerables frente a procesos de infiltración y deterioro prematuro.

El Instituto Americano del Concreto (ACI) señala en el ACI 350 que las estructuras destinadas a la contención y tratamiento de agua deben diseñarse y construirse bajo criterios especiales orientados a minimizar la fisuración y asegurar la estanqueidad durante toda su vida útil. De igual manera, el ACI 301 establece procedimientos específicos para la colocación, consolidación y curado del concreto en estructuras sometidas a condiciones severas de exposición.

Bajo estos criterios se desarrolló el proyecto Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements, ubicado en 3651 LPGA Boulevard, Daytona Beach, Florida 32124, cuyo objetivo fue la construcción de nuevas estructuras para el manejo de lodos generados durante el proceso de tratamiento de agua.

El elemento principal analizado en este artículo corresponde al piso estructural del sistema de manejo de lodos, con dimensiones de 171 pies de longitud, 65 pies de ancho y un espesor uniforme de 1 pie, diseñado con una pendiente de 1:20 para garantizar el adecuado flujo y evacuación de los materiales procesados. Debido a sus dimensiones y requerimientos de servicio, la ejecución del piso demandó una planificación minuciosa, incorporando controles topográficos permanentes, una secuencia de vaciados por etapas y el empleo de juntas de construcción impermeables que permitieran mantener la continuidad hidráulica y estructural del sistema.

2. OBJETIVO DEL ARTÍCULO

El presente trabajo tiene como objetivo presentar la experiencia constructiva desarrollada durante la ejecución del piso estructural para manejo de lodos del proyecto Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements, haciendo énfasis en:

- El control geométrico y topográfico de una estructura con pendiente hidráulica.
- La planificación y ejecución de vaciados masivos de concreto en horario nocturno.
- Los procedimientos de control de calidad implementados durante la construcción.
- El tratamiento de juntas de construcción mediante sistemas Waterstop Hydrotite.
- Las lecciones aprendidas y recomendaciones técnicas aplicables a futuros proyectos de infraestructura hidráulica.

3. MARCO NORMATIVO Y CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO

La construcción de estructuras de concreto para plantas de tratamiento de agua exige la aplicación de normas específicas que garanticen resistencia estructural, durabilidad, control de fisuración y estanqueidad. En el proyecto Ralph Brennan



FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

WTP Lime Sludge Handling Improvements, los procedimientos constructivos y de control de calidad se desarrollaron tomando como referencia las especificaciones del proyecto y las principales normas internacionales aplicables a estructuras hidráulicas de concreto.

3.1 ACI 350: Código para estructuras ambientales de concreto

El documento ACI 350 – Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures establece requisitos especiales para estructuras destinadas al almacenamiento, tratamiento y manejo de agua y aguas residuales.

Entre los aspectos más relevantes considerados en el proyecto se destacan:

- Control de fisuración mediante refuerzo distribuido.
- Limitación de anchos de grietas para preservar la estanqueidad.
- Diseño de juntas de construcción con sistemas impermeabilizantes.
- Control del recubrimiento del acero de refuerzo.
- Requisitos especiales de durabilidad para ambientes húmedos.

Estas disposiciones resultaron particularmente importantes debido a la exposición permanente de la estructura al contacto con lodos y humedad.

3.2 ACI 301: Especificaciones para concreto estructural

Las actividades de colocación, consolidación, acabado y curado del concreto se desarrollaron siguiendo los lineamientos establecidos en ACI 301 – Specifications for Structural Concrete, especialmente en los siguientes aspectos:

- Verificación del asentamiento del concreto fresco.
- Tiempos máximos de descarga y colocación.
- Consolidación mediante vibración interna.
- Control del acabado superficial.
- Protección del concreto durante el período inicial de fraguado.
- Procedimientos de curado para garantizar el desarrollo de la resistencia.

3.3 ACI 302: Construcción de pisos y losas

Dado que el elemento principal correspondía a una losa de grandes dimensiones, se aplicaron además las recomendaciones del ACI 302 – Guide for Concrete Floor and Slab Construction, relacionadas con:

- Secuencia de vaciado.
- Planeidad y nivelación.
- Diseño y ubicación de juntas.
- Métodos de acabado superficial.
- Prevención de fisuración por retracción plástica.

3.4 Normas ASTM aplicadas

El control de calidad del concreto se realizó mediante los siguientes ensayos:

Ensayo	Norma ASTM	Aplicación
Asentamiento (Slump)	ASTM C143	Consistencia del concreto
Elaboración de cilindros	ASTM C31	Muestreo y curado
Resistencia a compresión	ASTM C39	Verificación del f_c
Temperatura del concreto	ASTM C1064	Control térmico
Muestreo del concreto	ASTM C172	Obtención de muestras

El cumplimiento de estas normas permitió mantener uniformidad en los resultados obtenidos durante las tres etapas del vaciado.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements se encuentra ubicado en:

3651 LPGA Boulevard, Daytona Beach, Florida 32124, Estados Unidos.

La obra corresponde a la ampliación y mejora del sistema de manejo de lodos de la planta de tratamiento de agua, incorporando nuevas estructuras destinadas a facilitar el secado, almacenamiento y manipulación del material residual generado durante el proceso de potabilización.

El elemento principal objeto de este estudio fue el piso estructural del siste-

Parámetro	Valor
Longitud	171 pies
Ancho	65 pies
Espesor	1 pie
Pendiente	1:20
Resistencia especificada	4000 psi
Tipo de concreto	Concreto estructural
Tipo de exposición A	ambiente húmedo y agresivo

5. CONTROL GEOMÉTRICO Y TOPOGRÁFICO

Uno de los mayores desafíos del proyecto fue garantizar la pendiente de diseño de 1:20 a lo largo de toda la superficie del piso.

El control geométrico comenzó desde la fase de replanteo y comprendió:

a) Verificación de ejes

Se establecieron los ejes principales de la estructura utilizando equipos topográficos de alta precisión, verificando permanentemente:

- Longitud total.
- Alineamientos.
- Escuadra de la estructura.

- Ubicación de juntas.

b) Control de elevaciones

Debido a la inclinación requerida, fue indispensable establecer puntos de control distribuidos en toda la superficie.

Estos puntos permitieron verificar:

- Cota inicial.
- Cota final.
- Variación gradual de la pendiente.
- Espesor efectivo del concreto.

El control permanente evitó desviaciones geométricas que pudieran afectar el drenaje y la operación futura del sistema.

c) Verificación del acero de refuerzo

Previo al vaciado se inspeccionó:

- Posición de la malla inferior.
- Posición de la malla superior.

- Recubrimientos.
- Espaciamiento del acero.
- Estabilidad de separadores.

El refuerzo estuvo conformado por:

- Varilla No. 5.
- Separación de 10 pulgadas al centro.
- Dos capas de refuerzo: superior e inferior.

Esta configuración permitió controlar:

- Esfuerzos por flexión.
- Cambios térmicos.
- Retracción del concreto.
- Control de fisuración.



FOTOGRAFÍA DEL ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO CON DOBLE MALLA

6. PLANIFICACIÓN DE LOS VACIADOS

Debido al volumen total de concreto y a las características operativas del proyecto, se decidió ejecutar la losa en tres etapas independientes:

Primera etapa

Fecha: 28 de abril del 2026
Volumen colocado: 192 yardas cúbicas.

Segunda etapa

Fecha: 6 de mayo del 2026
Volumen colocado: 160 yardas cúbicas.

Tercera etapa

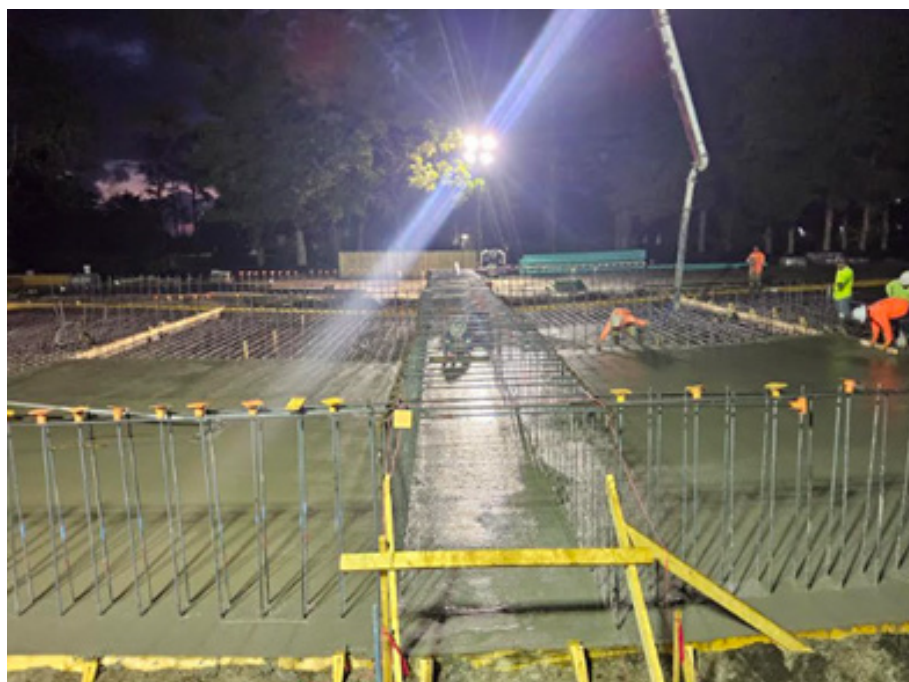
Fecha: 9 de junio del 2026
Volumen colocado: 180 yardas cúbicas

En todos los casos, el vaciado inició aproximadamente a las 2:00 a.m., Decisión que respondió a criterios técnicos relacionados con el comportamiento del concreto fresco y las condiciones climáticas predominantes en el estado de Florida.

La ejecución nocturna permitió:

- Reducir la temperatura del concreto durante la colocación.
- Disminuir la velocidad de evaporación del agua superficial.
- Minimizar el riesgo de fisuración plástica.
- Mejorar las condiciones para las operaciones de acabado.
- Mantener una temperatura más uniforme durante el proceso inicial de hidratación del cemento.

Estas condiciones son especialmente importantes en losas de gran superficie expuesta, donde las variaciones térmicas pueden influir significativamente en el comportamiento del concreto durante las primeras horas posteriores al vaciado.



7. CONDICIONES AMBIENTALES Y JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL VACIADO NOCTURNO

La construcción de losas de gran superficie destinadas a estructuras hidráulicas requiere un análisis detallado de las condiciones ambientales debido a la influencia que tienen la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la evaporación del agua del concreto fresco y, por consiguiente, sobre la aparición de fisuras por retracción plástica.

El piso del sistema de manejo de lodos del proyecto **Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements** posee una superficie aproximada de **11.115 pies cuadrados**, condición que incrementa la exposición del concreto a los efectos ambientales durante las primeras horas posteriores a su colocación.

Por esta razón, el equipo de construcción adoptó la estrategia de iniciar los vaciados a las **2:00 a.m.**, horario que ofrece ventajas técnicas ampliamente reconocidas en la construcción de elementos masivos y losas de gran extensión.

Entre los principales beneficios de este procedimiento se destacan:

- Menor temperatura ambiente.
- Menor temperatura del concreto fresco.
- Reducción de la velocidad de evaporación.
- Disminución del riesgo de fisuración plástica.
- Mayor tiempo disponible para operaciones de acabado.
- Menor gradiente térmico entre la superficie y el interior del elemento.

Asimismo, el vaciado nocturno permite que el concreto desarrolle sus primeras horas de hidratación antes del incremento de temperatura asociado a las horas de mayor radiación solar.

Tabla 2. Condiciones ambientales registradas durante los vaciados*

Fecha	Hora de inicio	Temperatura ambiente	Humedad relativa	Velocidad del viento
28 abril	2:00 a.m.	70°F	83%	6 mph
06 mayo	2:00 a.m.	68°F	86%	3 mph
09 junio	2:00 a.m.	76°F	92%	4 mph



FOTOGRAFÍA DEL INICIO DEL VACIADO

8. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

El concreto utilizado para la construcción del piso del sistema de manejo de lodos fue diseñado con una resistencia especificada a la compresión de

$f'_c = 4000 \text{ psi}$

Debido a las condiciones de exposición de la estructura y a los requerimientos de durabilidad establecidos para obras hidráulicas, se implementó un programa de control de calidad integral desde la recepción del concreto fresco hasta la evaluación de la resistencia mecánica de los especímenes elaborados en obra.

Las actividades de control se desarrollaron de conformidad con las disposiciones establecidas en:

- ASTM C172: Muestreo del concreto fresco.
- ASTM C143: Determinación del asentamiento (Slump).
- ASTM C31: Elaboración y curado de especímenes cilíndricos.
- ASTM C39: Determinación de la resistencia a compresión.
- ACI 301: Specifications for Structural Concrete.
- ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete.

8.1 Control del concreto fresco

Previo al vaciado se verificó la consistencia del concreto mediante el

ensayo de asentamiento (Slump), de acuerdo con ASTM C143.

El valor obtenido durante las diferentes etapas de vaciado fue:

Slump = 4 pulgadas

Este asentamiento permitió:

- Mantener una adecuada trabajabilidad.
- Facilitar la colocación del concreto entre las dos capas de refuerzo.
- Garantizar una correcta consolidación.
- Minimizar riesgos de segregación y exudación.

Durante todo el proceso no se evidenciaron variaciones significativas entre las mezclas suministradas.

8.2 Elaboración de especímenes y evaluación de resistencia

El programa de muestreo del concreto se desarrolló siguiendo los procedimientos establecidos en ASTM C172 para la obtención de muestras representativas del concreto fresco y ASTM C31 para la elab-

boración y curado de especímenes cilíndricos.

De acuerdo con ACI 318 y ACI 301, la frecuencia mínima de ensayos de resistencia generalmente se establece conforme a las especificaciones del proyecto y a los criterios de aceptación del concreto estructural. Sin embargo, para la ejecución del piso del sistema de manejo de lodos se adoptó un programa de control con una frecuencia superior a la mínima habitualmente requerida, elaborándose un juego de especímenes cilíndricos por cada 50 yd³ de concreto colocado.

Este procedimiento permitió:

- Verificar la uniformidad del concreto suministrado.
- Monitorear la calidad durante las tres etapas de vaciado.
- Evaluar el desarrollo de resistencia del material.
- Garantizar el cumplimiento de las especificaciones estructurales del proyecto.

Los especímenes fueron curados y ensayados conforme a ASTM C31 y ASTM C39, respectivamente.

Los resultados obtenidos demostraron:

- Cumplimiento del 100% de la resistencia especificada.
- Uniformidad entre los diferentes lotes colocados.
- Ausencia de desviaciones significativas en la resistencia a compresión.

Tabla 3. Resumen del control de calidad del concreto

Parámetro	Resultado
Resistencia especificada (f'_c)	4000 psi
Slump	4 pulgadas
Norma de Slump A	STM C143
Muestreo del concreto	ASTM C172
Elaboración de cilindros A	STM C31
Ensayo de resistencia	ASTM C39
Frecuencia de muestreo implementada	1 juego de especímenes cada 50 yd ³
Cumplimiento de resistencia	100%
Observaciones	Conforme a especificaciones

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto evidenciaron que la calidad del concreto se mantuvo dentro de los parámetros establecidos, garantizando la resistencia y durabilidad requeridas para una estructura destinada al manejo de lodos en una planta de tratamiento de agua.

9. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y SISTEMA WATERSTOP HYDROTITE

Debido a que la estructura fue ejecutada en tres etapas independientes, fue necesario incorporar juntas de construcción entre cada sección del piso.

Las juntas representan uno de los puntos críticos en estructuras hidráulicas, debido a que constituyen posibles vías de infiltración si no se implementan medidas adecuadas de impermeabilización.

Por esta razón, las especificaciones del proyecto exigieron la instalación de un sistema de sello hidrófilo:

Waterstop Hydrotite fabricado por Sika.

Este material posee la capacidad de expandirse al entrar en contacto con el agua, generando un sello permanente que reduce significativamente el riesgo de filtraciones a través de las juntas.

Las actividades desarrolladas comprendieron:

- Preparación de la superficie del concreto endurecido.
- Limpieza y eliminación de partículas sueltas.
- Colocación del Waterstop conforme a las recomendaciones del fabricante.
- Verificación de continuidad del sello.
- Inspección previa al nuevo vaciado.

La instalación adecuada del sistema constituyó un aspecto funda-

mental para asegurar la estanqueidad y durabilidad de la estructura.

10. VACIADO DE LOS MUROS POSTERIORES

Una vez concluida la ejecución del piso y alcanzadas las resistencias requeridas, se procedió a la construcción de los muros perimetrales. Las juntas previamente tratadas con Waterstop Hydrotite permitieron establecer una conexión impermeable entre el elemento horizontal y los muros verticales, manteniendo la continuidad estructural del sistema.

Durante esta etapa se realizaron inspecciones relacionadas con:

- Limpieza de la junta.
- Verificación del sello hidrófilo.
- Colocación del refuerzo vertical.
- Alineación y plomo del encofrado.
- Consolidación del concreto mediante vibradores internos.



FOTOGRAFÍA DEL VACIADO DE LOS MUROS

El resultado final fue una estructura monolítica con condiciones adecuadas de resistencia, impermeabilidad y funcionalidad hidráulica para las exigencias operativas de una planta de tratamiento de agua.

11. LECCIONES APRENDIDAS

La experiencia obtenida durante la

construcción del proyecto permitió identificar varios aspectos relevantes:

1. El control geométrico permanente es indispensable en estructuras con pendientes hidráulicas.
2. El vaciado nocturno constituye una estrategia efectiva para mejorar la calidad del concreto en climas cálidos y húmedos.
3. Las juntas de construcción deben considerarse desde la etapa de planificación y no como un elemento secundario.
4. Los sistemas Waterstop hidrófilos representan una solución confiable para estructuras sometidas a exposición permanente a la humedad.
5. La coordinación entre topografía, calidad y construcción influye directamente en la durabilidad y desempeño de la infraestructura.

12. DISCUSIÓN TÉCNICA

La construcción de estructuras de concreto destinadas al manejo de lodos en plantas de tratamiento de agua requiere una integración precisa entre diseño, control geométrico, calidad del material y procedimientos constructivos. A diferencia de elementos convencionales, estas estructuras operan bajo condiciones permanentes de humedad, exposición química moderada y exigencias de estanqueidad, lo que incrementa la importancia del control durante la fase de ejecución.

En el proyecto **Ralph Brennan WTP Lime Sludge Handling Improvements**, la correcta ejecución del piso estructural dependió principalmente de la interacción entre tres factores críticos: la precisión topográfica de la pendiente hidráulica, la calidad del concreto suministrado y el adecuado tratamiento de las juntas de construcción.

El control geométrico permitió ga-

rantizar la pendiente de diseño de 1:20 a lo largo de toda la losa, asegurando el correcto comportamiento hidráulico del sistema de manejo de lodos. Este tipo de precisión resulta fundamental, ya que pequeñas variaciones pueden generar acumulaciones de material, afectar el drenaje y comprometer la eficiencia operativa de la estructura

Por otro lado, la planificación de los vaciados en horario nocturno (inicio a las 2:00 a.m.) respondió a criterios técnicos asociados a la mitigación de efectos térmicos y ambientales. La reducción de la temperatura ambiente durante las primeras horas del vaciado permitió disminuir la velocidad de evaporación del agua superficial del concreto, reduciendo el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejorando la trabajabilidad durante el acabado.

Adicionalmente, la implementación de juntas de construcción con sistema Waterstop Hydrotite contribuyó de manera significativa a la estanqueidad del sistema. Este tipo de solución resulta especialmente relevante en estructuras hidráulicas, donde la continuidad del sello entre etapas de vaciado es determinante para evitar filtraciones a largo plazo.

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia y el comportamiento uniforme del concreto en las tres etapas de vaciado confirman la efectividad del control de calidad implementado en el proyecto.

13. CONCLUSIONES

A partir de la experiencia constructiva desarrollada en el proyecto, se establecen las siguientes conclusiones:

1. El control geométrico continuo es un factor determinante en la construcción de estructuras hidráulicas con pendientes definidas, ya que garantiza la funcionalidad operati-

va del sistema de manejo de lodos.

2. La ejecución de vaciados en horario nocturno constituye una estrategia técnica adecuada para condiciones climáticas cálidas y húmedas, al reducir los efectos de evaporación acelerada y fisuración plástica.

3. El concreto con resistencia especificada de 4000 psi, junto con un programa de control de calidad basado en ensayos normativos, permitió alcanzar un desempeño estructural conforme al 100% de las especificaciones del proyecto.

4. La elaboración de especímenes de concreto cada 50 yardas cúbicas permitió establecer un control representativo y consistente de la calidad del material durante las tres etapas de vaciado, asegurando la trazabilidad del comportamiento del concreto.

5. El uso de juntas de construcción con sistema Waterstop Hydrotite fabricado por Sika garantizó la continuidad hidráulica y la impermeabilidad entre las diferentes fases constructivas del piso.

6. La coordinación entre los equipos de topografía, calidad y construcción fue clave para la correcta ejecución del proyecto dentro de los parámetros técnicos establecidos.

14. RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia adquirida, se recomienda que en proyectos similares se considere:

- Implementar controles topográficos permanentes durante todas las fases de colocación del concreto.

- Programar vaciados masivos en horarios de menor temperatura ambiental para mejorar el desempeño del concreto fresco.

- Mantener programas de control de calidad basados en normas

ASTM y especificaciones ACI, con frecuencias de muestreo adecuadas al volumen de obra.

- Diseñar e instalar sistemas de impermeabilización en juntas de construcción desde la etapa inicial del proyecto.

- Registrar de manera sistemática las condiciones ambientales durante cada vaciado para su análisis técnico posterior.

- Documentar todas las etapas constructivas mediante evidencia fotográfica y reportes de control de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI Committee 301. (2020). Specifications for Structural Concrete (ACI 301-20). American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

ACI Committee 302. (2015). Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-15). American Concrete Institute.

ACI Committee 350. (2020). Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350-20). American Concrete Institute.

ASTM C31/C31M-23. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. ASTM International.

ASTM C39/C39M-23. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. ASTM International.

ASTM C143/C143M-20. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. ASTM International.

Sika Corporation. Hydrotite CJ Type Waterstop System – Technical Data Sheet.

Neville, A. M. (2012). Properties of Concrete. Fifth Edition. Pearson Education Limited.

Mehta, P. K. & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, Properties and Materials. McGraw-Hill Education.